

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2000-155099

(43)Date of publication of application : 06.06.2000

(51)Int.Cl.

G01N 21/88
G01N 21/956

(21)Application number : 11-263149

(71)Applicant : HITACHI LTD

(22)Date of filing : 17.09.1999

(72)Inventor : SHIBATA YUKIHIRO
MAEDA SHUNJI
YAMAGUCHI KAZUO
YOSHIDA MINORU
YOSHIDA ATSUSHI
NINOMIYA TAKANORI
MATSUI SHIGERU
OKA KENJI
WATANABE KENJI

(30)Priority

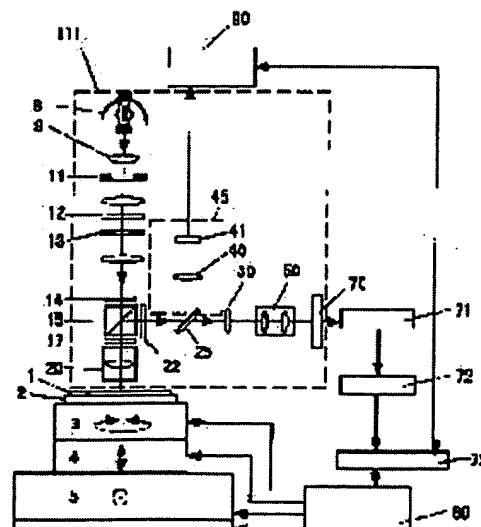
Priority number : 10264276 Priority date : 18.09.1998 Priority country : JP

(54) METHOD AND DEVICE FOR OBSERVATION OF SAMPLE SURFACE, METHOD AND DEVICE FOR FLAW INSPECTION

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To detect a minute flaw by means of a high-resolution image by irradiating a sample with polarized light, detecting its reflected light for computing a positional deviation of a focal point in the optical axis, and detecting reflected light from the sample surface adjusted in height.

SOLUTION: A light beam polarized through a polarizing plate 14 is applied to a sample 1 via an objective lens 20, and then, reflected, and diffracted so as to be incident on the objective lens 20 again, and then, the



BEST AVAILABLE COPY

light beam is reflected by a half mirror 15 so as to be incident on a polarizing plate 22 for forming an image of the sample 1 in an image sensor 70 via an image forming lens 30 and a zoom lens 50. A focal point detection light beam forms an optical image having height information of the sample 1 on a sensor 41 through an image forming lens 40, and its output signal is inputted to a focal point detection signal processing circuit 90. The processing circuit 90 detects a height of the sample 1 and a deviation of a focal point position of the lens 20 so as to feed them to a CPU 75 for giving a driving command for a Z stage 4. Image data of the sample 1 detected by the image sensor 70 are stored and processed in an image processing circuit 71, and a flaw determination circuit 72 determines a defective part.

LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 21.05.2002

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number] 3610837

[Date of registration] 29.10.2004

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2000-155099

(P2000-155099A)

(43) 公開日 平成12年6月6日 (2000.6.6)

(51) Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テマコード* (参考)
G 0 1 N 21/88		G 0 1 N 21/88	H
21/956		21/956	A

審査請求 未請求 請求項の数20 O L (全 12 頁)

(21) 出願番号 特願平11-263149

(22) 出願日 平成11年9月17日 (1999.9.17)

(31) 優先権主張番号 特願平10-264276

(32) 優先日 平成10年9月18日 (1998.9.18)

(33) 優先権主張国 日本 (J P)

(71) 出願人 000005108

株式会社日立製作所

東京都千代田区神田駿河台四丁目6番地

(72) 発明者 芝田 行広

神奈川県横浜市戸塚区吉田町292番地 株

式会社日立製作所生産技術研究所内

(72) 発明者 前田 俊二

神奈川県横浜市戸塚区吉田町292番地 株

式会社日立製作所生産技術研究所内

(74) 代理人 100075096

弁理士 作田 康夫

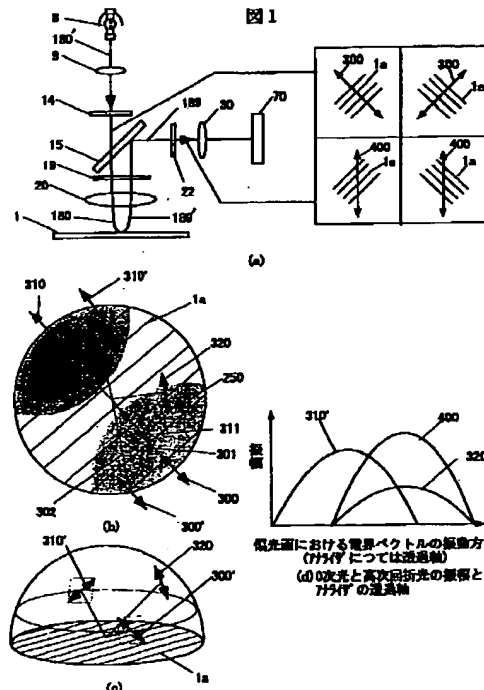
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 試料表面の観察方法及びその装置並びに欠陥検査方法及びその装置

(57) 【要約】

【課題】 試料表面に形成したパターンの欠陥を検出する欠陥検出光学系において、照明光により試料表面で反射した反射光の0次光と高次回折光の干渉により形成される試料の光学像のコントラストを向上させることにより、試料上に形成された微細な配線パターンの欠陥を感度良く検出する。

【解決手段】 試料を偏光照明する照明光学系と、試料で偏光回転を受けた高次回折光を0次光よりも効率良く透過する偏光光学部品と、偏光光学部品を透過あるいは反射した光で試料の像を光電変換素子上に結像させる検出光学系とを用いて高解像度光学系を構成した。



【特許請求の範囲】

【請求項1】表面にパターンが形成された試料を観察する方法であって、偏光した光を対物レンズを介して前記試料に照射し、該照射により前記試料の表面で反射した光を前記対物レンズを介して検出して前記偏光した光の前記試料表面での焦点の光軸方向の位置ずれを算出し、該算出した焦点の位置ずれ量に応じて前記対物レンズに対する前記試料の高さを調整し、該高さを調整した前記試料の表面からの前記偏光した光の照射による反射光を前記対物レンズと位相差板と検光子とを介して検出して前記試料の表面の画像を得ることを特徴とする試料表面の観察方法。

【請求項2】前記位相差板は、前記照射により前記試料表面から反射した光のうち、前記表面に形成されたパターンからの0次回折光の振幅を高次回折光の振幅に対して大きな割合で減衰させることを特徴とする請求項1記載の試料表面の観察方法。

【請求項3】表面にパターンが形成された試料を光学系を介して観察する方法であって、光学系を第1の偏光の条件に設定した状態で偏光光を前記試料に照射し、該照射により前記試料の表面で反射した光を位相差板と検光子とを介して検出して第1の画像を得、該第1の画像をモニタ画面上に表示し、該モニタ画面上に表示された第1の画像に基いて前記光学系を第2の偏光の状態に設定し、前記光学系を前記第2の偏光の状態に設定した状態で偏光光を前記試料に照射し、該照射により前記試料の表面で反射した光を位相差板と検光子とを介して検出して第2の画像を得ることを特徴とする試料表面の観察方法。

【請求項4】前記第1の偏光条件と前記第2の偏光条件が、それぞれ、偏光特性、偏光光の波長、照明系の開口絞りの開口数、空間フィルタの形状などの条件であることを特徴とする請求項3記載の試料表面の観察方法。

【請求項5】前記第2の偏光状態に設定するときに、前記照射により前記試料表面から反射した光のうち、前記表面に形成されたパターンからの0次回折光の振幅を高次回折光の振幅に対して大きな割合で減衰させるように前記位相差板を調整することを特徴とする請求項3記載の試料表面の観察方法。

【請求項6】前記検出した試料表面の画像を、偏光特性、偏光光の波長、照明系の開口絞りの開口数、空間フィルタの形状の内の少なくとも何れか一つの情報とともにモニタ画面上に表示することを特徴とする請求項3記載の試料表面の観察方法。

【請求項7】表面にパターンが形成された試料を観察する装置であって、前記試料に偏光した光を対物レンズを介して照明する照明手段と、該照明手段の照明により前記試料の表面で反射した光を前記対物レンズを介して検出する検出手段と、該検出手段で検出した前記偏光した光の前記試料表面での焦点の光軸方向の位置ずれを算出

する焦点位置検出手段と、該焦点位置検出手段で算出した焦点の位置ずれ量に応じて前記対物レンズに対する前記試料の高さを調整する高さ調整手段と、該高さ調整手段で高さを調整した前記試料に前記照明手段で前記偏光した光を照明したときに前記試料の表面からの反射光を前記対物レンズと位相差板部と検光子部とを介して検出する偏光光検出手段とを備えたことを特徴とする試料表面の観察装置。

【請求項8】前記位相差板部は、 $1/2$ 波長板と $1/4$ 波長板とを備え、該 $1/2$ 波長板と $1/4$ 波長板とを調整することにより前記照射により前記試料表面から反射した光のうち、前記表面に形成されたパターンからの0次回折光の振幅を高次回折光の振幅に対して大きな割合で減衰させることを特徴とする請求項7記載の試料表面の観察装置。

【請求項9】前記検光子部を偏光ビームスプリッタで構成したことを特徴とする請求項7記載の試料表面の観察装置。

【請求項10】表面にパターンが形成された試料の欠陥を検査する方法であって、偏光した光を対物レンズを介して前記試料に照射し、該照射による前記試料の表面からの反射光を前記対物レンズと位相差板と検光子とを介して検出して前記試料表面の画像を得、該得た画像を予め記憶しておいた画像と比較して前記試料の欠陥を検出することを特徴とする欠陥検査方法。

【請求項11】前記位相差板は、前記照射により前記試料表面から反射した光のうち、前記表面に形成されたパターンからの0次回折光の振幅を高次回折光の振幅に対して大きな割合で減衰させることを特徴とする請求項10記載の欠陥検査方法。

【請求項12】表面にパターンが形成された試料の欠陥を検査する方法であって、光学系を第1の偏光の条件に設定した状態で偏光光を前記試料に照射し、該照射により前記試料の表面で反射した光を検出して第1の画像を得、該第1の画像をモニタ画面上に表示し、該モニタ画面上に表示された第1の画像に基いて前記光学系を第2の偏光の状態に設定し、前記光学系を前記第2の偏光の状態に設定した状態で偏光光を前記試料に照射し、該照射により前記試料の表面で反射した光を検出して第2の画像を得、該得た第2の画像を予め記憶しておいた画像と比較して前記試料の欠陥を検出することを特徴とする欠陥検査方法。

【請求項13】前記第1の偏光条件と前記第2の偏光条件とは、それぞれ、偏光特性、偏光光の波長、照明系の開口絞りの開口数、空間フィルタの形状のうちの少なくとも一つの条件を含むことを特徴とする請求項12記載の欠陥検査方法。

【請求項14】前記第2の偏光状態を、前記照射により前記試料表面から反射した光のうち、前記表面に形成されたパターンからの0次回折光の振幅を高次回折光の振

幅に対して大きな割合で減衰させるように設定することを特徴とする請求項1記載の欠陥検査方法。

【請求項15】表面にパターンが形成された試料の欠陥を検査する方法であって、偏光した光を対物レンズを介して前記試料に照射し、該照射により前記試料の表面で反射して前記対物レンズを通過した光を偏光の状態を変化させて検出して前記試料表面の画像を得、該得た画像を予め記憶しておいた画像と比較して前記試料の欠陥を検出することを特徴とする欠陥検査方法。

【請求項16】前記対物レンズを通過した光の偏光の状態を変化させることを、前記対物レンズを通過した光を1/2波長板と1/4波長板とを透過させることにより行うことを特徴とする請求項15記載の欠陥検査方法。

【請求項17】表面にパターンが形成された試料の欠陥を検査する装置であって、前記試料に偏光した光を対物レンズを介して照射する照明手段と、該照明手段で前記試料に前記偏光した光を照射することにより前記試料の表面で反射した反射光を前記対物レンズと前記反射光の偏光の状態を変化させる偏光部とを介して検出して前記試料の画像を得る偏光画像検出手段と、該偏光画像検出手段で得た画像を予め記憶しておいた画像と比較して前記試料の欠陥を検出する欠陥検出手段と、該欠陥検出手段で検出した結果を表示する表示手段とを備えたことを特徴とする欠陥検査装置。

【請求項18】前記偏光部が、位相差板と検光子とを備えていることを特徴とする請求項17記載の欠陥検査装置。

【請求項19】前記位相差板は、1/2波長板と1/4波長板とを有し、前記試料表面から反射した光のうち、前記表面に形成されたパターンからの0次回折光の振幅を高次回折光の振幅に対して大きな割合で減衰させることを特徴とする請求項17記載の欠陥検査装置。

【請求項20】前記照明手段と前記偏光画像検出手段との偏光特性、波長、照明光および空間フィルタなどの光学パラメータを設定する光学パラメータ設定手段を更に備えたことを特徴とする請求項17記載の欠陥検査装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、半導体製造工程やフラットパネルディスプレイの製造工程などにおいて、微細パターン欠陥及び異物等の検査や観察に用いる高解像度光学系とこれを用いた欠陥検査装置に関する。

【0002】

【従来の技術】従来の技術として、特開平7-128595号公報に、光学顕微鏡を用いて緻密なライン幅構造を映像化する方法及び装置が記載されている。この技術の特徴として、偏光板を用いて直線状に偏光した偏光光の試料上に投射される偏光軸線の方向が、試料上の直線状のパターンに対して約45°の角度になるようにして

いる。偏光板と試料との間に配置された1/4波長板の光学（遅延）軸線は、試料の主たる直線状の形状に対して最適な角度（典型的な例として25°）の方向に向けられており、この1/4波長板により直線偏光を楕円偏光に変換し、試料を照明する。この楕円偏光の照明光は、試料で反射されると位相差を受ける。これらの光は、再び1/4波長板を透過して、検出光路上に設けた偏光板を透過する向きに偏光される。検出光路上の偏光板を透過した光が、光電変換素子の受光面上で試料の像を結像するように光学系が構成されている。そして、試料による位相差量を予め予測して照明光を楕円偏光に設定し、試料で反射した後に円偏光になるように光学部品を設定することが記載されている。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】上記した従来の技術に記載されたような、光学顕微鏡を用いて緻密なライン幅構造を映像化する方法では、照明光路に偏光器を配置して直線偏光の光を透過させ、この直線偏光を1/4波長板で楕円偏光に変換して試料を照明する構成となっているが、この光学系では、試料で反射することにより生じる位相差量を予め予測して、検出系のアナライザを透過する光量が最大となるように照明光を楕円偏光に設定している。このため、光学像の形成に寄与する0次光と高次回折光の振幅の割合は、ランダム偏光照明の場合と同等である（高次回折光に比べ0次光の振幅の方が大きい）。このため、0次光と高次回折光の干渉により形成される試料の光学像は、0次光に比べて高次回折光の振幅が小さいために相対的に低周波成分が大きくなり、光学像の解像度はあまり向上しない。

【0004】また、イメージセンサなどを用いて画像を検出する場合、センサの受光量が飽和しないように照明光量を調節する必要があるが、例えば、周期的な微細パターンは回折角が大きくなるため、パターンの明暗差が小さく且つ暗く検出されることがあり、パターン像の観察が困難になる。パターンの明暗差が小さく且つ暗く検出される画像では、画像処理を用いた欠陥検査装置においては、検出感度が低くなる問題がある。

【0005】本発明の目的は、照明光の偏光と光学像を形成する0次光と高次回折光の偏光をコントロールし、観察や検査を対象としたパターンを高解像度に検出して微小欠陥を検出できるようにした光学系を備えた欠陥検査方法及びその装置を提供することにある。

【0006】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するために、本発明では、試料を偏光照明する照明光学系と、当該試料で偏光回転を受けた高次回折光を0次光に対して高効率に透過する偏光光学部品と、偏光光学部品を透過あるいは反射した光で試料の像を光電変換素子上に結像させる検出光学系とを用いて高解像度光学系を構成した（たとえば、直線状のパターンに対して直交する振動方向

の偏光を照明し、パターンに対してほぼ45°の振動方向を透過軸とする偏光器を配置する)。

【0007】この照明光学系の偏光照明は、偏光ビームスプリッターを透過あるいは反射した光を用いて行うことも可能である。この場合、偏光ビームスプリッターと試料の間にλ/2板とλ/4板を配置し、パターンの方向等に応じて、λ/2板を回転させることにより偏光方向を調整し、λ/4板を回転させることにより偏光の楕円率を調整することができる。

【0008】また、照明光の振動方向と光学像を形成する0次光と高次回折光の振動方向との組み合わせはたくさんある。これらの設定方法が実用化の上で重要である。本発明では、偏光状態を変更して検出した画像を一覧したり、予備的な欠陥検査を行って欠陥検出感度が高くなる偏光状態を選択できる機能を備えることにより、最適な偏光状態を短時間で正確に求められるようにした。

【0009】

【発明の実施の形態】本発明の高解像度光学系の実施形態について、図1(a)を用いて模式的に説明する。

【0010】光源8を発光した光180'はレンズ9を介して集光され、偏光板14を透過する。偏光板14を透過した光は直線偏光となり、ミラー15を透過した光が照明光180となる。ミラー15を透過した光は対物レンズ20を介して試料1を落射照明する。試料1で反射回折した光189'のうち、対物レンズ20のNA(Numerical Aperture)内の光189は再び対物レンズ20に捕捉され、ミラー15を反射して検出光路に導かれる。この検出光189は偏光板22の透過軸に対応した偏光面の電界ベクトルの振動方向(以下、偏光の振動方向と称す)の光を透過し、結像レンズ30を介してイメージャ70上に試料1の像を結像する。

【0011】ここで、偏光板14は試料1に形成された主たるパターンの方向1aに対して、偏光の振動方向を決める役割を持っており、検出したいパターンの方向1aに対して、例えば直交する振動方向を有する偏光となるように位置決めする。尚、この振動方向は、対物レンズ20の射出瞳19における振動方向である。

【0012】また、偏光板22は検出光189のうち、特定の振動方向の光を透過するものであり、パターン方向1aに対して例えば45°に設定する。射出瞳19上における照明光と試料1を反射した0次光と高次回折光の偏光を図1(b)を用いて説明する。また、試料1上の照明光の偏光と試料1を反射した0次光と高次回折光の偏光を図1(c)を用いて説明する。

【0013】図1(b)において、射出瞳における照明光180の1点の偏光を300とする。偏光300は、瞳位置にける偏光の振動方向と、試料1を照明する方向301が一致(あるいは直交)しているため、正反射光(0次光)の偏光310'と高次回折光の偏光311は照明光

の振動方向と同様である(実際には、試料1を反射、回折するときに位相差を受けるため、直線偏光は楕円偏光になるが、ここでは省略した)。

【0014】しかし、照明光の振動方向300'と試料1の照明方向302が一致あるいは直交していない場合は、0次光の振動方向310'は照明光の振動方向300'と同じであるが、高次回折光の振動方向320は偏光回転を受けて照明光の振動方向300'とは異なる(尚、実際の振動方向は分布を持っており、振動方向とは振幅の最も大きい振動方向を指す)。

【0015】このため、図1(d)に示すとおり、0次光の振動方向と高次回折光の振動方向は異なるため、偏光板22の透過軸を高次回折光の振動方向と一致させることにより、像面における高次回折光の振幅の割合を大きくすることが可能となる。これにより、0次光と高次回折光の振幅をほぼ同等にすることが可能となり、0次光と高次回折光の干渉で形成される光学像の高解像度化が可能となる。

【0016】図2に、従来の落射照明と本発明の偏光照明・検出によるラインアンドスペースの光学像検出結果を示す。本発明の画像を取得した時の偏光板14、22の透過軸は、図1に示した条件である。従来照明と本発明の照明σは共に1であり、従来照明の回折像は全体に0次光が分布し、±1次回折光は0次光に対して暗く、振幅が小さい。これに対して、本発明の回折像は±1次回折光の振幅が0次光に比べ大きく、明るく検出されている。尚、±1次回折像には0次光も含まれており、正確には-1次回折像は+1次回折光に対応する0次光と-1次回折光の分布の和である。これは+1次回折像についても同様である。

【0017】また、0次光の低減部は、対応する高次回折光が対物レンズ20のNA外となるため、対物レンズ20の射出瞳19における回折像には検出されない(この±1次回折光の回折角は波長とパターン幅によって求まる)。従って、0次光低減部の光は試料1の像の形成には寄与しない低周波成分であるため、低減による高解像度化が説明できる。このため、従来照明ではラインアンドスペースのコントラストが低く(C=0.028)、ラインアンドスペースの分離が困難であるが、本発明ではコントラストが0.178に向上し、ラインアンドスペースの分離が明確になっている。

【0018】この結果、例えば1画素の検出サイズが0.2μmの検出光学系を用いたとき、従来照明では、せいぜい0.15μm程度しか分解能が得られなかったのに対して、本発明によれば、画素サイズの半分0.1μm程度まで分解能を高くすることができた。これにより、本発明によれば、高解像度化が達成されることが明らかになった。

【0019】図3に、本発明の光学系を用いた光学検査装置の実施例を示す。試料1はチャック2に真空吸着さ

れており、このチャック2は、 θ ステージ3、Zステージ4、Yステージ5、Xステージ6上に搭載されている。試料1の上方に配置されている光学系111は、試料1に形成されているパターンの外観検査を行うために試料1の光学像を検出するものであり、主に照明光学系と試料1の像を撮像する検出光学系及び、焦点検出光学系45で構成されている。照明光学系に配置された光源8はインコヒーレント光源であり、例えばキセノンランプである。

【0020】光源8で発光した光は、レンズ9を介して開口絞り11の開口部を透過し、レンズを介して波長選択フィルタ12を透過した光が視野絞り13に到達する。この波長選択フィルタ12は試料1の分光反射率を考慮し、高解像度の試料1の像を検出するために照明波長域を限定するものであり、例えば干渉フィルタを配置する。視野絞り13を透過した光は、偏光板14を透過して直線偏光になる。この偏光された光はハーフミラー15を透過して、対物レンズ20に入射し、試料1を照明する。

【0021】試料1を照明した光は、試料1上で反射、散乱、回折し、対物レンズ20のNA以内の光は再び対物レンズ20に入射し、ハーフミラー15で反射され、偏光板22に入射する。偏光板22は高次回折光を0次光に対して比較的高透過率になるように θ 方向の位置決めをしており、結像レンズ30及びズームレンズ50を介して、試料1の像を撮像するイメージセンサ70の受光面に試料1の像を形成する。尚、イメージセンサ70はリニアセンサやTDIイメージセンサ或いはTVカメラ等である。また、自動焦点合せを行うためには、焦点検出光を焦点検出光学系45に導く必要があり、この光分割手段25は例えばダイクロックミラーである。

【0022】焦点検出光は結像レンズ40で試料1の高さ情報を有した光学像をセンサ41上に形成し、このセンサ出力の信号は、焦点検出信号処理回路90に入力され、この焦点検出信号処理回路90で試料1の高さと対物レンズ20の焦点位置のズレ量を検出し、CPU75に焦点ズレ量のデータを送る。この焦点ズレ量に応じて、CPU75からステージ制御部80にZステージ4を駆動させる指令を行い、所定パルスでステージ制御部80からZステージ4に送り、自動焦点機能が働く。

【0023】また、検出光学系の光電変換素子70で検出した試料1の光学像の画像データは、画像処理回路71に入力されて記憶や処理が行われ、欠陥判定回路72で欠陥部の判定を行い、その結果を、ディスプレイなどの表示手段に表示するとともに、通信手段を介して、ワークステーションやデータサーバなどの外部記憶・制御装置へ送信される。

【0024】検出した画像データから欠陥部の判定を行う光電変換素子70から欠陥判定回路72までの一連の画像処理の具体的な処理の方法としては、例えば、特開

平2-170279号公報または特開平3-33605号公報などに記載されているように、隣接チップの対応する画像データ同士を比較することにより行う方法や、隣接チップの対応する画像データ同士を比較する方法、隣接するパターンの画像データ同士を比較する方法、設計データと画像データ同士を比較する方法等がある。

【0025】試料1のXY方向への移動は、ステージ制御部80でXステージ6及びYステージ5の動きを2次元的に制御して行う。また、 θ ステージ3は、XYステージ6及び5の運動方向と試料1に形成されたパターンの θ アライメントを行うときに用いる。

【0026】本発明では、落射照明方式の光学系が実施の形態であるが、この光学系の解像度Rは、一般的に $R = \lambda / (2NA)$ で求められる。しかし、直線偏光を用いた光学系では、先に求めたR以上の解像度が得られることを、図2で明らかにした。

【0027】図4に、本発明の他の実施形態について説明する。尚、この実施形態においても図1、図2で示したものと同等の効果が得られる。

【0028】光源8から発射した光は、レンズ9を介して開口絞り11を透過し、波長選択フィルタ12、視野絞り13を透過して偏光ビームスプリッター15に入射する。偏光ビームスプリッター15を透過するP偏光を照明光とし、P偏光に位相差を与える $\lambda/2$ 板16、 $\lambda/4$ 板17を透過した光が、対物レンズ20を介して試料1を照明する。ここで、 $\lambda/2$ 板16を回転させることにより、偏光の振動方向をパターンに対して所定の角度に設定する(図1に示した例では 90° であるが、必ずしも 90° である必要はない)。また、 $\lambda/4$ 板は直線偏光を楕円偏光にする位相差板であり、対物レンズ20を介して試料1を照明した検出光が再び $\lambda/2$ 板16、 $\lambda/4$ 板17を透過して偏光ビームスプリッタ20を反射し、検出光路に導かれるようにするためである。

【0029】本実施例では試料1の反射による位相差を考慮していないが、 $\lambda/4$ 板17がない場合は試料1を正反射(0次光)した光は偏光ビームスプリッターで透過するため、検出光路に導かれるのは高次回折光のみとなる。但し、実際は試料1を反射することにより多少の位相差を受けるため、0次光の漏れ光が検出される。

【0030】このため、偏光ビームスプリッタ15を図1に示す偏光板14、偏光板22の代替として用いる場合は、高次回折光の振幅と同等の0次光を検出光路に導くためには、 $\lambda/4$ 板17を用いて試料1を照明する偏光の楕円率を適正值に設定する必要がある。尚、 $\lambda/4$ 板17の結晶の光軸と照明光の直線偏光の振動方向が 45° をなす場合は、 $\lambda/4$ 板17を透過した照明光は円偏光となる。

【0031】この場合、試料1を反射して $\lambda/4$ 板17を往復した0次光はS偏光となり、偏光ビームスプリッター15を反射して検出光路に導かれる。従って、検出

光路に導かれる光量は大きくなる。これは、低周波成分である0次光の光量が大きくなるためであり、光学像のコントラストは従来の顕微鏡と同等程度となり、光学像の解像度は向上しない。このため、 $\lambda/4$ 板17の結晶の光軸方向と直線偏光の振動方向のなす角は試料1に形成されたパターン等により最適な角度は変化する。従って、 $\lambda/4$ 板17による位相差(試料1を照明する偏光の楕円率)を変更できるように回転可能な構成にすると良い。

【0032】これにより、試料1を反射、回折した光の一部は $\lambda/2$ 板17、 $\lambda/4$ 板17を再び透過して、偏光ビームスプリッター15を反射し、イメージセンサ70上に試料1の光学像を形成する。ここで、 $\lambda/2$ 板16と $\lambda/4$ 板17を電動モータで回転可能な構成とすることにより、試料1を照明する偏光の楕円率とその長軸の向きを制御することができる。

【0033】また、偏光の楕円率とその長軸の向きをモータのパルス数としてデータベース化することにより、光学像の高コントラスト化を実現する偏光状態の自動設定が容易になる。さらに、波長幅の広い照明光を用いる場合は、偏光ビームスプリッター15、 $\lambda/2$ 板16、 $\lambda/4$ 板17について、波長による特性の変化が少ない方が望ましい。これは、 $\lambda/2$ 板16、 $\lambda/4$ 板17を用いて波長に位相差を加えた場合、波長による位相差のむらが大い、特定の波長域が検出系に導かれ、この波長に応じた色が強調されるためである。従って、広帯域波長照明をしても、試料1に透明膜が形成されている場合などは、薄膜干渉による明るさむらが強調されるためである。

【0034】図5に、波長200~250nm以下程度の照明光を用いた欠陥検出方法について示す。尚、短波長化により解像度が向上するため、紫外光やDUV(Deep Ultra Violet)光を用いると、さらなる高解像度化になる。

【0035】図5(a)の光学系では、紫外線光源8を発光した光を照明光学系112を通過してビームスプリッター15に入射する。これを透過したP偏光は $\lambda/2$ 板16と $\lambda/4$ 板17により位相差を受け、対物レンズ20を介して試料1を落射照明する。尚、落射照明する光は、明視野検出する紫外線と、試料1の高さを検出する焦点検出光である。この焦点検出光は平坦化膜で吸収されない可視光等の光が有効である。これは、平坦化膜などで光が吸収されると、高さ検出できないためである。この焦点検出用波長域は、ダイクロイックミラー25の分光反射率(R)で決定される。この一例として、図5(b)に、650nm以上の光を焦点検出用波長域としている。

【0036】また、紫外線による明視野像を検出する光路は、第二のダイクロイックミラー26を反射した光路であり、結像レンズ30aでセンサ70a面に像を検出する。この紫外線波長域は第二のダイクロイックミラーの分光反射率で決定され、図5(c)に示す。

【0037】また、試料1に紫外線を照射すると、材質によって蛍光が生じる。この蛍光による画像を検出することにより、通常の明視野画像では検出できない欠陥を検出できる。この光学系として、2つのダイクロイックミラーを透過した光を結像レンズで中間像を作り、この像をズームレンズ50でイメージセンサ70上に拡大投影する構成により、実用化できる。尚、紫外線用対物レンズでは紫外線で収差補正されているが、焦点検出光は比較的紫外線と収差が少ない光を選択する必要がある。

【0038】図6に、半導体等の製造工程におけるパターンの欠陥検査装置において、「検査レシピ画面」915上で光学パラメータを設定する方法について説明する。

【0039】まず、この「検査レシピ画面」915上で検査するウェハのIDを登録し、このウェハの品種を入力する。これにより、個々のウェハのどの工程でどのような欠陥がどこにあるか明確になる。さらに、検査する領域を、例えばウェハの座標で指定する。さらに、欠陥検査は、ウェハに形成されたパターンの画像を取得し、この取得した画像を用いて検出するが、検査の方式としては、隣接チップ同士の画像の比較を行って不一致部を欠陥として検出する方式や、設計データと画像を比較する方式がある。「検査レシピ画面」915上の「検査方式」ではこの方式を選択する。

【0040】次に、検査レシピ画面915上の「画像処理パラメータ」の項では、画像の位置合わせや欠陥検出感度を決める差画像のしきい値等を入力する。

【0041】さらに、検査レシピ画面915上で「光学パラメータ」を選択することにより、「光学パラメータ設定画面」916を画面上に表示して、光学パラメータを変更することにより、種々の欠陥検出感度を設定できるようになっている。この「光学パラメータ設定画面」916では、1.偏光特性 2.波長 3.照明 σ 4.空間フィルタ等のうち、少なくとも一つを設定できるようになっている。

【0042】1.の偏光特性では、照明光学系と検出光学系の偏光を例えば番号で決められており、欠陥検出感度の高くなる偏光特性の番号が既知である場合は番号を入力する。しかし、ウェハの最初の検査では、欠陥検出感度が高くなる偏光特性が未定であるため、パターンの形状から欠陥検出感度の向上に有利な偏光特性を選択されるようになっている。このパターンの形状と偏光特性の関係は、例えば図1(a)のような関係から求められる。

【0043】また、2.の波長は、欠陥のコントラストが高くなるような照明波長域を選択するものであり、例えば、検査対象とするパターンの反射率が高い波長域を選択する。あるいは、パターンとパターンの背景(パターンのない領域)との明るさの差が大きくなる波長域を選択する。さらに、CMP(Chemical Mechanical Polishing)処理をされたウェハでは、膜厚むらがあると絶縁膜の薄

膜干渉により検出した像の明るさにむらが生じる。この膜厚むらは欠陥ではないため、明るさの違いは欠陥検査上ノイズになる。この、明るさの違いを低減するためには照明波長幅を広げることが有効である。但し、波長幅をどこまで広げるかは、絶縁膜の設計膜厚とその誤差によって異なるため、絶縁膜の膜厚から照明波長幅を求めることが効果的である。そこで、照明波長域を決める条件として絶縁膜の膜厚を入力する。

【0044】次に、3.の照明 σ は、照明系の開口絞り11の開口径を選択するものであり、穴状のパターンが形成されている場合は、ライン状のパターンの照明 σ よりも比較的小さくした方が欠陥検出感度が向上する。

【0045】また、4.の空間フィルタとは、フーリエ変換面(対物レンズの射出瞳位置あるいはこの射出瞳と共役な位置(ズームレンズ50の瞳位置))に0次光の振幅透過率を低減させたり、位相差を与えたりする光学フィルタであり、パターンの形状や密度などに応じて配置することにより、像の高解像度化が可能となる。

【0046】以上のような光学パラメータを設定することにより、欠陥検出に有利な画像を検出することが可能となる。しかし、設定した条件が良いかどうかは、パターンの形状やウェハの構造などにより異なる。

【0047】図7に示すように、ウェハ1には露光装置の露光フィールド(ショット)単位で規則的にパターンが配列されている。このパターンの一部分である1'の拡大図の図7(b)では、検査対象と仮定するパターン1a、1a'や、前の工程で形成されたパターン1c等がある。ウェハ1を、図7(b)のライン125で切断したときの断面構造を、図7(c)に示す。検査対象パターン1a、1a'は、絶縁膜1bの膜上に形成されており、検査対象としないパターン1cは、絶縁膜1bの膜中に形成されているとする。この場合、検査対象パターン1a、1bの主たる方向は縦であるため、この方向のパターンが高コントラストになるように光学パラメータを設定することにより、欠陥検出感度の向上が図れる。しかし、光学パラメータの最適値はパターンの形状や構造などによりことなるため、決定するためには大量の時間を要する。

【0048】そこで、図8に、高効率な光学パラメータ設定のフローを示す。

【0049】まず、ウェハをローディングし、検査対象領域を光学系の視野に移動する。次に光学パラメータの1)偏光特性 2)照明 σ 3)照明波長 4)空間フィルタについて予備的に画像を取得するための、パラメータ範囲を入力する。次に、設定した範囲の条件でそれぞれ画像を取得し、回折像やパターン像を一覧できるように表示すると共に、パターンのコントラストやパターンの鮮鋭度を示す2次微分値の総和などを表示する。

【0050】これにより、光学パラメータと光学像の解像度に関する情報が一覧でき、光学パラメータの適正値を容易に決定することができる。但し、最終的な光学パ

ラメータは、欠陥検出上有利な画像であるか否かにより決定する。このため、先のコントラストや2次微分値の和より光学パラメータの範囲を絞り込み、最終的には光学パラメータを変更しながら予備検査を行い、光学パラメータを決定する必要がある。この予備検査結果として表示する内容は、例えば、正常部における差画像の不一致量(平均、最大、偏差)や比較検査結果(検出欠陥数や欠陥の信号 I' 及び正常部の最大不一致量 N と欠陥部の不一致量 S の比である S/N 等)であって、これら表示された結果から光学パラメータを決定する。

【0051】以上の光学パラメータ設定手段により、欠陥検出感度の高い光学パラメータを、効率的に設定することができる。

【0052】図9に、回折像・パターン像の一覧表示の一例として、偏光状態をパラメータとした場合の一覧表示920を示す。まず、偏光の振動方向はXYステージやウェハのオリフラの方向などに対して定義すればよい。例えば、照明光の振動方向: 90° 、検出光の振動方向 45° とは、検査対象パターンの主たる方向と物体上における主光線の振動方向がなす角度である。

【0053】このように一覧に表示することにより、高次回折光と0次光の振幅の割合を、回折像のデータから予測することが可能である。また、検査対象パターンが様々な方向にある場合には、検査対象のパターン像よりパターン方向とコントラストなどを検出することが可能である。また、画像の光強度分布を折れ線グラフなどで表示することにより、明るさのレベルなども認識し易くなる。さらに、コントラストや2次微分値の和より、照明光の偏光の振動方向は $\theta: 90^\circ, 68^\circ$ 付近が高解像度であることが、容易に読み取ることができる。従って、次に行う予備検査をこの条件で行うことにより、高感度な検査を可能にする光学条件を、短時間で設定することができる。

【0054】尚、図4・図5に示す光学系の構成では、試料1を照明する偏光の楕円率とその長軸の向きが偏光状態のパラメータとなる。従って、楕円率とその長軸の向きをパラメータとして、図9と同様の一覧表を表示することが可能となり、高感度検査を実現できるおよその偏光状態を容易に特定することが可能となる。

【0055】図10(a)に、偏光を利用した明視野像の検出と暗視野像の検出、及び、明暗視野像の中立像を検出する手段を示す。照明光180は、ランダム偏光である。偏光ビームスプリッター15に入射した照明光180は、P偏光成分の光だけが透過する。このP偏光は、 $\lambda/2$ 板16と $\lambda/4$ 板17を透過することにより、偏光の振動方向の回転と楕円率が変わる。

【0056】 $\lambda/2$ 板16と $\lambda/4$ 板17とを透過し、更に対物レンズ20を透過した照明光は、試料1で反射することにより位相の飛びと共に試料のパターンに応じて位相差が与えられ、偏光状態が変化する。また、パターン

のエッジなどで回折した光は回折光の方向に応じて偏光も変化する。これらの反射光は、再び対物レンズ20に捕捉され、 $\lambda/4$ 板17と $\lambda/2$ 板16を通過してPBSに入射し、S偏光成分が反射してセンサ70上に明視野像を結像する。

【0057】ここで、 $\lambda/2$ 板16と $\lambda/4$ 板17とを用いない通常の明視野検出の場合では、検出した画像が図10(b)のような濃淡画像であったとすると、このときのA-A部の明るさ分布は図10(c)のように、画像左側の密パターン部で暗い画像となっている。この場合、光量を大きくすれば密パターン部の濃淡差を大きくすることが可能であるが、画像右側の平坦部の明るさがさらに大きくなり、CCDセンサ70等ではセンサ70が飽和し、ブルーミングが生じてしまう。このため、光量を大きくすることができず、密パターンをコントラストよく検出することが大変難しい。

【0058】しかし、本発明のように、 $\lambda/2$ 板16と $\lambda/4$ 板17とを用いて位相差量を調節すれば、偏光ビームスプリッターで反射される平坦部の光を低減して、密パターン部の回折光が反射される割合を大きくすることができ、これにより、密パターンと平坦部の明るさを同じレベルで検出することができるようになる。従って、パターンの密度等によらず、常にコントラストの高い画像を検出でき、密パターン部のパターン欠陥等も容易に検出できる。

【0059】図3、図4、図5、図10に示した光学系の構成では、直線偏光の照明光が、 $1/4$ 波長板17を透過して楕円偏光となる。この楕円偏光を対物レンズ20を介して、試料1に照明する。試料1で反射・回折した光は、対物レンズ20に捕捉され、再び $1/4$ 波長板17を透過して位相差を受ける。この $1/4$ 波長板17を回転させることにより、試料1を照明する楕円偏光の楕円率を変更することが可能である。

【0060】図11に、楕円率を $-1.0 \sim 1.0$ の間で変化させたときに、イメージセンサ70で検出される試料1の光学像のコントラストと検出光量比との関係を示す。尚、楕円率の符号は、右回り及び左回りの偏光を区別するものである。また、コントラストは、試料1の表面に形成されているラインアンドスペースの像より求めた。さらに、照明光の照度が一定の場合、楕円率の絶対値が小さくなると、イメージセンサ70に到達する光量が低下する。このため、楕円率 -1.0 、 1.0 の円偏光時にイメージセンサ70で検出される光量を基準として、楕円率を変えた時の検出光量比を表している。

【0061】この図11から分かるように、コントラストは、楕円率が -0.18 の付近で最大となっており、検出光量比が最大となると、即ち楕円率が1又は -1 になる点とは一致していない。従って、ラインアンドスペースの欠陥検査を行うには、 -0.18 付近の楕円率となるように設定すると有利である。

【0062】検査対象となるウェーハには、様々な形状をしたパターンが形成されている。この場合、検査感度を向上せしめる偏光の楕円率とその長軸の方向を決定するにあたり、予備検査を行うと効率的である。例えば、図12に示すように、検査対象ウェーハの「検査レシピ作成モード」に、「照明条件設定モード」を設ける。この「照明条件設定モード」には、1)照明光の波長幅を選択する「波長フィルタ」選択ボタン 2)照明入射角範囲を変更する「開口絞り」選択部ボタン 3)薄膜が積層されている場合にどの層に焦点を合わせるかを決定する「フォーカスオフセット」値設定ボタン 4)「パターン強調度」を変化させるために照明光の偏光状態(偏光の楕円率とその方向)を設定するボタンを準備しておく。

【0063】これらのボタンは、番号(図中、No)を指定することにより、予め登録されている条件に設定するものである。尚、偏光状態には、様々な検査対象パターンの形状や向きに応じて、検出画像のコントラストを高める偏光条件がデータベース化されている。従って、このデータベース化されている偏光条件の全条件あるいは一部の条件で検査対象ウェーハを予備検査し、この予備検査の結果から、最も検出感度の高い検査結果が得られた偏光状態を、本検査時の偏光条件に設定する方法が考えられる。尚、予備検査を行う場合は、画面上に表示されている「予備検査ボタン」を選択することにより、暫定的に設定した上記1)～4)の条件の下で、検査が実行される。

【0064】偏光条件とは、図4、図5、図10に記載の光学系において、 $\lambda/2$ 板16と $\lambda/4$ 板17を電動回転させるモーターのパルス数などが考えられる。さらに、数種類の偏光条件で予備検査した結果より、本検査に用いる偏光条件を決定する判断基準として、以下の判断基準が挙げられる。

【0065】1)欠陥を最も多く検出している偏光条件
2)致命的な欠陥を最も多く検出している偏光条件
3)検出したい欠陥の座標が既知である場合は、この欠陥を最も多く検出している偏光条件
従って、複数回の予備検査を行った場合は、上記1)～3)に示すような判断基準を一覧表示すると決定が容易になる。また、1)～3)の何れかの値が最大となる偏光条件を自動的に決定することにより、装置ユーザーの条件出しが容易になる。

【0066】以上、偏光条件を決定するにあたり、実際には光学顕微鏡か電子顕微鏡で欠陥部をレビューして、検査感度が高い偏光条件を決定することが望ましい。

【0067】

【発明の効果】以上に説明したごとく、本発明によれば、試料に形成されたパターンに応じて照明光の偏光面における電界ベクトルの振動方向とパターンの方向のなす角をコントロールすることにより、高解像度の画像を検出して、検出画素サイズの約半分程度の微小な欠陥を

検出できる光学系を実現できた。さらに、偏光面における電界ベクトルの振動方向や照明波長などを高効率に設定できるようになり、高解像度光学系とこれを用いた高感度欠陥検査装置を実現することができた。

【図面の簡単な説明】

【図1】直線偏光照明による0次光と高次回折光の偏光の状態を説明する図である。

【図2】直線偏光を用いた高解像度化の一例を示す図である。

【図3】本発明の高解像度光学系を用いた検査装置の概略構成の一例を示す略正面図である。

【図4】本発明の高解像度光学系を用いた検査装置の概略構成の他の例を示す略正面図である。

【図5】本発明による短波長照明高解像度光学系を用いた検査装置の概略構成の一例を示す略正面図(a)とこの光学系を用いたときの分光反射率を示す図(b)、(c)である。

【図6】本発明による光学パラメータ設定手段の一例を示す表示画面の正面図である。

【図7】本発明の検査対象パターンの一例を示す平面図である。

【図8】本発明による光学パラメータ設定手順の一例を

示すフロー図である。

【図9】射出瞳像と光学像および解像度評価値の一覧の一例を示す図である。

【図10】本発明による偏光照明による高コントラスト画像検出の一例を示す図である。

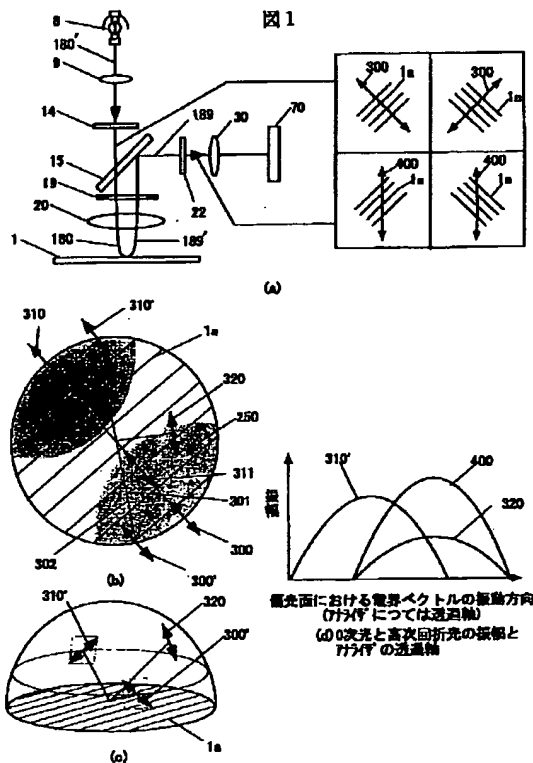
【図11】偏光の楕円率とパターン検出光量比との関係の一例を示す図である。

【図12】本発明による偏光条件設定手法の一例を示す図である。

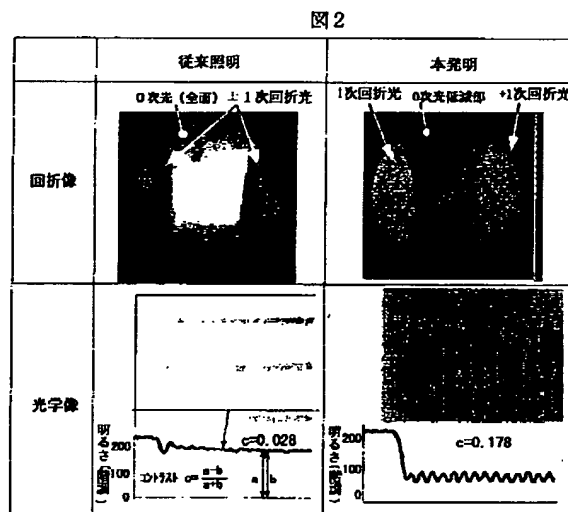
【符号の説明】

1…試料、1b…絶縁膜、2…チャック、3…θステージ、4…Zステージ、5…Yステージ、6…Xステージ、8…光源、14…ポラライザ、22…アナライザ、30…結像レンズ、70…イメージセンサ、300、300'…照明光の偏光面における電界ベクトルの振動方向、310、310'…0次光(正反射光)の偏光面における電界ベクトルの振動方向、320…高次回折光の偏光面における電界ベクトルの振動方向、15…偏光ビームスプリッター、16…λ/2板、17…λ/4板、915…検査レシビ画面、916…光学パラメータ設定画面、920…光学条件と光学像一覧画面、921…光学条件と予備検査結果一覧画面。

【図1】

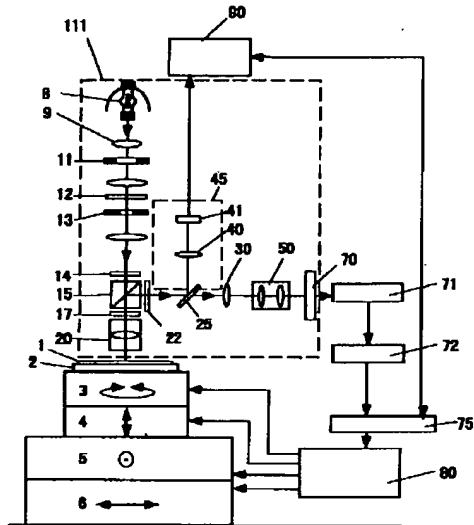


【図2】



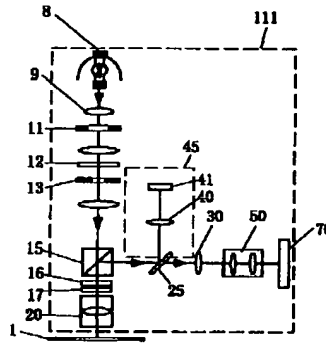
【図3】

図3



【図4】

図4



【図6】

図6

レシピ画面

ケミID :
 品種名 :
 検査領域 :
 検査方式 :
 画像処理パラメータ :
 光学パラメータ :

915

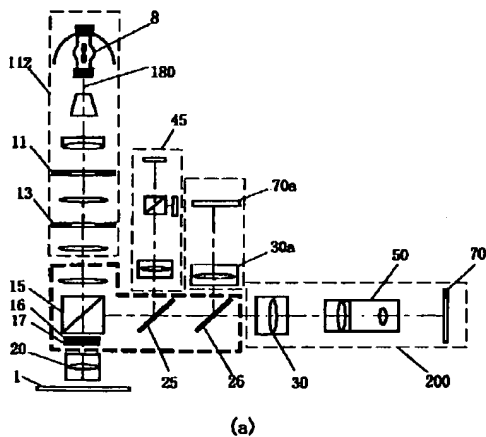
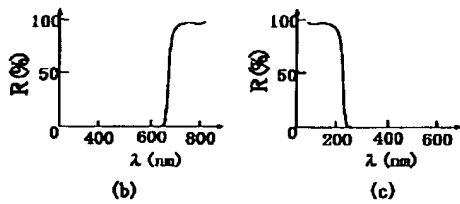
光学パラメータ設定画面

918

1. 偏光特性
 偏光特性No.:
 →未設定の場合、以下のうち1つ選択
 パターン形状: ☐ (1977面) ☐ (1977面) ☐ (1977面) ☐ (1977面) ☐ (1977面)
 2. 波長
 波長選択フィルタNo.:
 →未設定の場合、以下を入力
 絶縁膜厚: μm
 分光反射率(フィルタ名):
 3. 照明
 開口絞りNo.:
 →未設定の場合、以下のうち1つ選択
 パターン形状: ☐ ☐ ☐ ☐
 4. 空間フィルタ
 空間フィルタNo.:

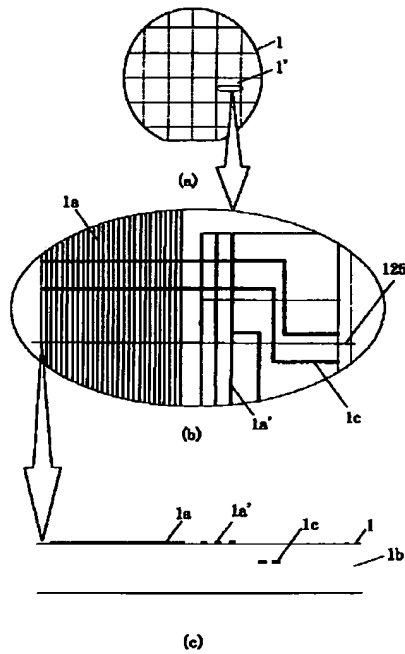
【図5】

図5



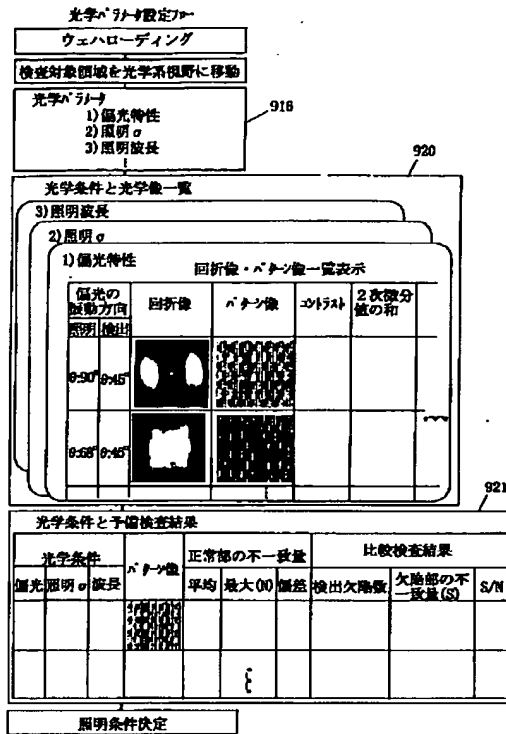
【図7】

図7



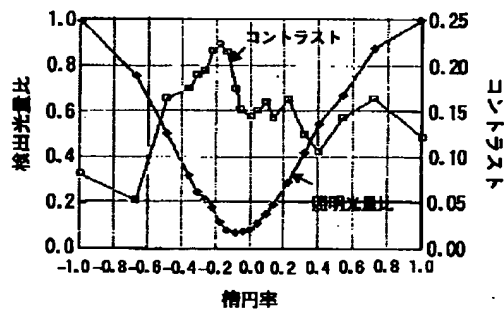
【図8】

図8



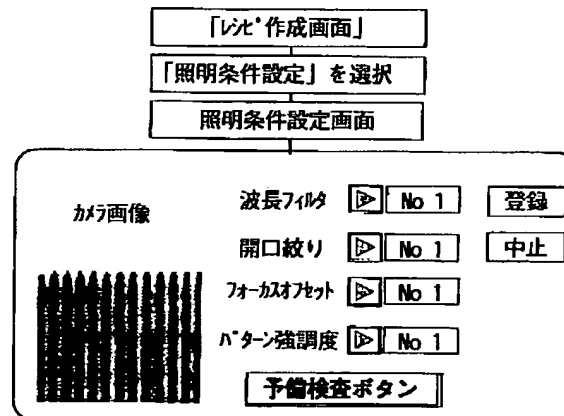
【図11】

図11



【図12】

図12



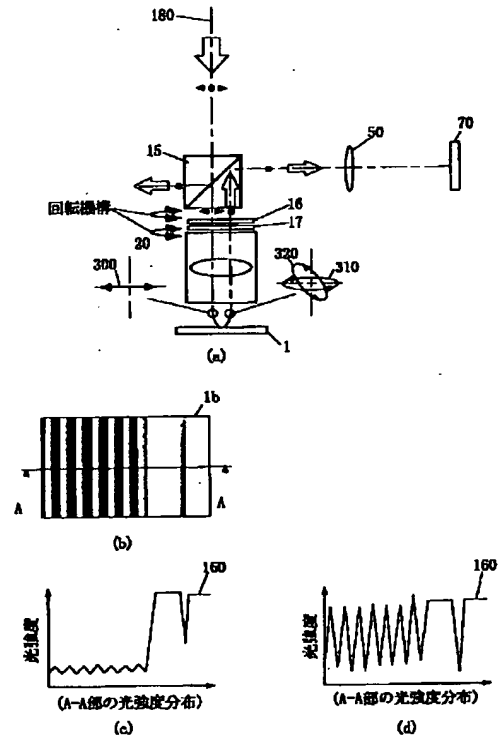
【図9】

図9

偏光の振動方向 照明/検出	回折像	パターン像	コントラスト	2次微分値の和
9:30° 9:45°			0.25	198205
9:33° 9:45°			0.24	206331
9:36° 9:45°			0.03	65331

【図10】

図10



フロントページの続き

- (72)発明者 山口 和夫
神奈川県横浜市戸塚区吉田町292番地 株
式会社日立製作所生産技術研究所内
- (72)発明者 吉田 実
神奈川県横浜市戸塚区吉田町292番地 株
式会社日立製作所生産技術研究所内
- (72)発明者 吉田 敦志
神奈川県横浜市戸塚区吉田町292番地 株
式会社日立製作所生産技術研究所内

- (72)発明者 二宮 隆典
茨城県ひたちなか市市毛882番地 株式会
社日立製作所計測器グループ内
- (72)発明者 松井 繁
茨城県ひたちなか市市毛882番地 株式会
社日立製作所計測器グループ内
- (72)発明者 岡 健次
神奈川県横浜市戸塚区吉田町292番地 株
式会社日立製作所生産技術研究所内
- (72)発明者 渡辺 健二
東京都小平市上水本町五丁目20番1号 株
式会社日立製作所半導体事業部内

* NOTICES *

JPO and NCIPi are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.**** shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

DETAILED DESCRIPTION

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Field of the Invention] This invention relates to the defective test equipment using the high resolution optical system and this which are used for inspection and observation of a detailed pattern defect, a foreign matter, etc. in a semi-conductor production process, the production process of a flat-panel display, etc.

[0002]

[Description of the Prior Art] The approach and equipment which use an optical microscope for JP,7-128595,A and convert the precise Rhine width-of-face structure into a video signal as a Prior art are indicated. He is trying for the direction of the polarization axis on which it is projected on the sample of the polarization light which polarized in the shape of a straight line, using a polarizing plate as a description of this technique to become the include angle of about 45 degrees to the pattern of the shape of a straight line on a sample. The optical (delay) axis of the quarter-wave length plate arranged between a polarizing plate and a sample is turned in the optimal include-angle (25 degrees as typical example) direction to the configuration of the shape of a main straight line of a sample, changes the linearly polarized light into elliptically polarized light with this quarter-wave length plate, and illuminates a sample. The illumination light of this elliptically polarized light will receive phase contrast, if reflected by the sample. Such light polarizes to the sense which penetrates a quarter-wave length plate again and penetrates the polarizing plate prepared on the detection optical path. Optical system is constituted so that the light which penetrated the polarizing plate on a detection optical path may carry out image formation of the image of a sample on light-receiving Men of an optoelectric transducer. And after predicting the amount of phase contrast by the sample beforehand, setting the illumination light as elliptically polarized light and reflecting by the sample, setting up an optic so that it may become the circular polarization of light is indicated.

[0003]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] Although it has composition which arranges a polariscope on an illumination-light way, is made to penetrate the light of the linearly polarized light, changes this linearly polarized light into elliptically polarized light with a quarter-wave length plate, and illuminates a sample by the approach of converting the precise Rhine width-of-face structure into a video signal using an optical microscope which was indicated by the above-mentioned Prior art In this optical system, the amount of phase contrast produced by reflecting by the sample was predicted beforehand, and the illumination light is set as elliptically polarized light so that the quantity of light which penetrates the analyzer of a detection system may serve as max. For this reason, the rate of the amplitude of the zero-order light which contributes to formation of an optical image, and the high order diffracted light is equivalent to the case of random polarization lighting (compared with the high order diffracted light, the amplitude of zero-order light is larger). For this reason, since the amplitude of the high order diffracted light is small compared with zero-order light, as for the optical image of the sample formed of interference of zero-order light and the high order diffracted light, a low-frequency component becomes

large relatively, and the resolution of an optical image seldom improves.

[0004] Moreover, when detecting an image using image sensors etc., it is necessary to adjust the amount of illumination light but so that the light income of a sensor may not be saturated, and since an angle of diffraction becomes large, the light-and-darkness difference of a pattern may be detected small and darkly, and, as for a periodic detailed pattern, observation of a pattern image becomes difficult, for example. By the image by which the light-and-darkness difference of a pattern is detected small and darkly, there is a problem to which detection sensitivity becomes low in the defective test equipment which used the image processing.

[0005] The purpose of this invention is to offer the defective inspection approach equipped with the optical system which controls polarization of polarization of the illumination light, the zero-order light which forms an optical image, and the high order diffracted light, detects the pattern for observation or inspection to high resolution, and enabled it to detect a minute defect, and its equipment.

[0006]

[Means for Solving the Problem] The illumination-light study system which carries out polarization lighting of the sample in this invention in order to attain the above-mentioned purpose, The polarization optic which penetrates the high order diffracted light which received polarization rotation efficient to zero-order light by the sample concerned, Constituted high resolution optical system from light which penetrated or reflected the polarization optic using the detection optical system which carries out image formation of the image of a sample on an optoelectric transducer. (For example, polarization of the oscillating direction which intersects perpendicularly to a straight-line-like pattern is illuminated, and the polariscope which sets a transparency shaft as about 45-degree oscillating direction to a pattern is arranged) .

[0007] The polarization lighting of this illumination-light study system can also perform a polarization beam splitter using the light penetrated or reflected. In this case, $\lambda/2$ plate and $\lambda/4$ plate are arranged between a polarization beam splitter and a sample, according to the direction of a pattern etc., the polarization direction can be adjusted by rotating $\lambda/2$ plate, and the ovality of polarization can be adjusted by rotating $\lambda/4$ plate.

[0008] Moreover, there is much combination with the oscillating direction of the oscillating direction of the illumination light, the zero-order light which forms an optical image, and the high order diffracted light. It is important after that these setting approaches put in practical use. It enabled it to search for the optimal polarization condition correctly by this invention for a short time by looking through the image which changed and detected the polarization condition, or having the function which can choose the polarization condition that conduct preliminary defective inspection and defective detection sensitivity becomes high.

[0009]

[Embodiment of the Invention] The operation gestalt of the high resolution optical system of this invention is typically explained using drawing 1 (a).

[0010] It is condensed through a lens 9 and optical 180' which emitted light in the light source 8 penetrates a polarizing plate 14. The light which penetrated the polarizing plate 14 turns into the linearly polarized light, and the light which penetrated the half mirror 15 turns into illumination light 180. The light which penetrated the half mirror 15 carries out epi-illumination of the sample 1 through an objective lens 20. Among optical 189' which carried out reflection diffraction by the sample 1, the light 189 in NA (Numerical Aperture) of an objective lens 20 is again caught by the objective lens 20, reflects a half mirror 15, and is led to a detection optical path. This detection light 189 penetrates the light of the oscillating direction (the oscillating direction of polarization is called hereafter) of the electric field vector of the plane of polarization corresponding to the transparency shaft of a polarizing plate 22, and carries out image formation of the image of a sample 1 on image sensors 70 through the image formation lens 30.

[0011] Here, the polarizing plate 14 has the role which determines the oscillating direction of polarization to direction 1a of the main pattern formed in the sample 1, and it positions it so that it may become the polarization which has the oscillating direction which intersects perpendicularly as opposed

to direction 1a of a pattern to detect. In addition, this oscillating direction is the oscillating direction in the exit pupil 19 of an objective lens 20.

[0012] Moreover, a polarizing plate 22 penetrates the light of the specific oscillating direction among the detection light 189, and sets it as 45 degrees as opposed to direction of pattern 1a. Polarization of the illumination light on an exit pupil 19, the zero-order light which reflected the sample 1, and the high order diffracted light is explained using drawing 1 (b). Moreover, it is drawing 1 about polarization of polarization of the illumination light on a sample 1, the zero-order light which reflected the sample 1, and the high order diffracted light. It explains using (c).

[0013] In drawing 1 (b), the polarization of one point of the illumination light 180 in an exit pupil is set to 300. Since the oscillating direction of the polarization kicked in a pupil location and the direction 301 of polarization 300 which illuminates a sample 1 correspond (or rectangular cross), polarization 310' of specular reflection light (zero-order light) and the polarization 311 of the high order diffracted light of it are the same as that of the oscillating direction of the illumination light (although the linearly polarized light became elliptically polarized light since in fact received phase contrast when reflecting and diffracting a sample 1, it omitted here).

[0014] However, although oscillating direction 310' of zero-order light is the same as oscillating direction 300' of the illumination light when the lighting direction 302 of oscillating direction 300' of the illumination light and a sample 1 is not in agreement or does not lie at right angles, the oscillating direction 320 of the high order diffracted light differs from oscillating direction 300' of the illumination light in response to polarization rotation (the still more nearly actual oscillating direction has distribution and the oscillating direction points out the largest oscillating direction of the amplitude).

[0015] For this reason, since the oscillating direction of zero-order light differs from the oscillating direction of the high order diffracted light, it becomes possible [enlarging the rate of the amplitude of the high order diffracted light in the image surface] by making the transparency shaft of a polarizing plate 22 in agreement with the oscillating direction of the high order diffracted light, as shown in drawing 1 (d). This becomes possible [making almost equivalent the amplitude of zero-order light and the high order diffracted light], and high resolution-ization of the optical image formed by interference of zero-order light and the high order diffracted light is attained.

[0016] The optical image detection result of Rhine by the polarization lighting and detection of the conventional epi-illumination and this invention and a tooth space is shown in drawing 2 . The transparency shafts of the polarizing plates 14 and 22 when acquiring the image of this invention are the conditions shown in drawing 1 . Zero-order light is conventionally distributed over the whole, it is 1 and its amplitude is [both the lighting sigma of lighting and this invention of the primary / **/ diffracted light is dark to zero-order light, and] conventionally small [as for the diffraction figure of lighting]. On the other hand, the diffraction figure of this invention has the large amplitude of the primary [**] diffracted light compared with zero-order light, and is detected brightly. In addition, zero-order light is also contained in the primary [**] diffraction figure, and - primary diffraction figure is the sum of distribution of zero-order light and - primary diffracted light corresponding to the +primary diffracted light correctly. This is the same also about a +primary diffraction figure.

[0017] Moreover, since the corresponding high order diffracted light becomes the outside of NA of an objective lens 20, the reduction section of zero-order light is not detected by the diffraction figure in the exit pupil 19 of an objective lens 20 (the angle of diffraction of this primary [**] diffracted light can be found with wavelength and pattern width of face). . Therefore, since the light of the zero-order light reduction section is a low-frequency component which does not contribute to formation of the image of a sample 1, it can explain high resolution-ization by reduction. For this reason, conventionally, with lighting, although separation of Rhine and a tooth space is difficult, by this invention, contrast improves to 0.178 and separation of Rhine and a tooth space has become [the contrast of Rhine and a tooth space] low ($C = 0.028$) clearly.

[0018] When the detection optical system as a result of [this] which it is 0.2 micrometers was used, according to this invention, with the conventional lighting, resolution was able to be made high to about 0.1 micrometers of one half of pixel size to only about at most 0.15 micrometers of resolution not

having been obtained. Thereby, according to this invention, it became clear that high resolution-ization is attained.

[0019] The example of the optical test equipment which used the optical system of this invention for drawing 3 is shown. Vacuum adsorption of the sample 1 is carried out at the chuck 2, and this chuck 2 is carried on the theta stage 3, Z stage 4, the Y stage 5, and the X stage 6. The optical system 111 arranged above the sample 1 detects the optical image of a sample 1, in order to conduct visual inspection of the pattern currently formed in the sample 1, and it mainly consists of an illumination-light study system, detection optical system which picturizes the image of a sample 1, and focal detection optical system 45. The light source 8 arranged at the illumination-light study system is the incoherent light source, for example, is a xenon lamp.

[0020] The light which the light which emitted light by the light source 8 penetrated opening of an aperture diaphragm 11 through the lens 9, and penetrated the wavelength selection filter 12 through the lens reaches a field diaphragm 13. In consideration of the spectral reflectance of a sample 1, this wavelength selection filter 12 limits a lighting wavelength region, in order to detect the image of the sample 1 of high resolution, and it arranges an interference filter. The light which penetrated the field diaphragm 13 penetrates a polarizing plate 14, and turns into the linearly polarized light. This light that polarized penetrates a half mirror 15, it carries out incidence to an objective lens 20, and it illuminates a sample 1.

[0021] On a sample 1, it reflects, and the light which illuminated the sample 1 is scattered about, and is diffracted, incidence of the light within NA of an objective lens 20 is again carried out to an objective lens 20, it is reflected by the half mirror 15 and it carries out incidence to a polarizing plate 22. The polarizing plate 22 is positioning the direction of theta so that it may become high permeability comparatively to zero-order light about the high order diffracted light, and it forms the image of a sample 1 in the light-receiving side of the image sensors 70 which picturize the image of a sample 1 through the image formation lens 30 and a zoom lens 50. In addition, image sensors 70 are a linear sensor, TDI image sensors, or a TV camera. Moreover, in order to perform automatic-focusing doubling, it is necessary to lead focal detection light to the focal detection optical system 45, and this optical division means 25 is a dichroic mirror.

[0022] Focal detection light forms an optical image with the height information on a sample 1 on a sensor 41 with the image formation lens 40, and the signal of this sensor output is inputted into the focal detection digital disposal circuit 90, detects the amount of gaps of the height of a sample 1, and the focal location of an objective lens 20 by this focal detection digital disposal circuit 90, and sends the data of the amount of focal gaps to CPU75. According to this amount of focal gaps, the command which makes the stage control section 80 drive Z stage 4 from CPU75 is performed, and delivery and an automatic-focusing function commit a predetermined pulse from the stage control section 80 to Z stage 4.

[0023] Moreover, the image data of the optical image of the sample 1 detected by the optoelectric transducer 70 of detection optical system is transmitted to external memory and control units, such as a workstation and a data server, through means of communications while being inputted into the image-processing circuit 71, performing storage and processing, and it judging a defective part in the defective judging circuit 72 and displaying the result on display means, such as a display.

[0024] There are the approach of performing by comparing with JP,2-170279,A or JP,3-33605,A the image data to which a contiguity chip corresponds, for example as the approach of concrete processing of a series of image processings from an optoelectric transducer 70 to the defective judging circuit 72 in which a defective part is judged from the detected image data, as indicated, the approach of comparing the image data to which a contiguity chip corresponds, an approach of comparing the image data of an adjoining pattern, the approach of comparing a design data with image data, etc.

[0025] Migration in the XY direction of a sample 1 is performed by the stage control section 80 by controlling a motion of the X stage 6 and the Y stage 5 two-dimensional. Moreover, the theta stage 3 is used when performing theta alignment of the pattern formed in the movement direction and sample 1 of X-Y stages 6 and 5.

[0026] By this invention, although the optical system of an epi-illumination method is the gestalt of

operation, generally the resolution R of this optical system is called for by $R = \lambda / (2NA)$. However, according to the optical system using the linearly polarized light, it was shown clearly by drawing 2 that the resolution more than R for which it asked previously is obtained.

[0027] Other operation gestalten of this invention are explained to drawing 4. In addition, effectiveness equivalent to what was shown by drawing 1 and drawing 2 also in this operation gestalt is acquired.

[0028] The light discharged from the light source 8 penetrates an aperture diaphragm 11 through a lens 9, penetrates the wavelength selection filter 12 and a field diaphragm 13, and they carry out incidence to a polarization beam splitter 15. P polarization which penetrates a polarization beam splitter 15 is made into the illumination light, and the light which penetrated $\lambda/2$ plate 16 and $\lambda/4$ plate 17 which give phase contrast to P polarization illuminates a sample 1 through an objective lens 20. Here, the oscillating direction of polarization is set as a predetermined include angle to a pattern by rotating $\lambda/2$ plate 16 (although it is 90 degrees in the example shown in drawing 1, it is not necessary to be necessarily 90 degrees). Moreover, $\lambda/4$ plate is because the detection light which is the phase contrast plate which makes the linearly polarized light elliptically polarized light, and illuminated the sample 1 through the objective lens 20 penetrates $\lambda/2$ plate 16 and $\lambda/4$ plate 17 again, reflects a polarization beam splitter 20 and is led to a detection optical path.

[0029] Although the phase contrast by reflection of a sample 1 is not taken into consideration in this example, when there is no $\lambda/4$ plate 17, in order that the light which carried out specular reflection (zero-order light) may penetrate a sample 1 by the polarization beam splitter, being led to a detection optical path becomes only the high order diffracted light. However, in order to receive some phase contrast by reflecting a sample 1 in practice, the leakage light of zero-order light is detected.

[0030] For this reason, when using as substitution of the polarizing plate 14 which shows a polarization beam splitter 15 to drawing 1 $R > 1$, and a polarizing plate 22, in order to lead a zero-order light equivalent to the amplitude of the high order diffracted light to a detection optical path, it is necessary to set the ovality of the polarization which illuminates a sample 1 using $\lambda/4$ plate 17 as a proper value. In addition, when the oscillating direction of the optical axis of the crystal of $\lambda/4$ plate 17 and the linearly polarized light of the illumination light makes 45 degrees, the illumination light which penetrated $\lambda/4$ plate 17 turns into the circular polarization of light.

[0031] In this case, the zero-order light which reflected the sample 1, and went and came back to $\lambda/4$ plate 17 turns into S polarization, reflects a polarization beam splitter 15, and is led to a detection optical path. Therefore, the quantity of light led to a detection optical path becomes large. This is because the quantity of light of the zero-order light which is a low-frequency component becomes large, the contrast of an optical image serves as the conventional microscope and equivalent extent, and the resolution of an optical image does not improve. For this reason, the optimal include angle changes with the patterns with which the angle which the direction of an optical axis of the crystal of $\lambda/4$ plate 17 and the oscillating direction of the linearly polarized light make was formed in the sample 1. Therefore, it is good to make it a pivotable configuration so that phase contrast (ovality of the polarization which illuminates a sample 1) with $\lambda/4$ plate 17 can be changed.

[0032] Thereby, a part of light which reflected the sample 1 and was diffracted penetrates again $\lambda/2$ plate 17 and $\lambda/4$ plate 17, it reflects a polarization beam splitter 15, and forms the optical image of a sample 1 on image sensors 70. Here, the ovality and the sense of a major axis of the polarization which illuminates a sample 1 for $\lambda/2$ plate 16 and $\lambda/4$ plate 17 by [pivotable] carrying out configuration **** with an electric motor are controllable.

[0033] Moreover, the automatic setting of a polarization condition which realizes high contrast-ization of an optical image becomes easy by putting the ovality and the sense of a major axis of polarization in a database as a pulse number of a motor. Furthermore, when using the illumination light with wide wavelength width of face, the direction with little [plate / 17 / a polarization beam splitter 15, $\lambda/2$ plate 16, and / $\lambda/4$] change of the property by wavelength is desirable. When phase contrast is added to wavelength using $\lambda/2$ plate 16 and $\lambda/4$ plate 17 and this has the large unevenness of the phase contrast by wavelength, it is because a specific wavelength region is led to a detection system and the color according to this wavelength is emphasized. Therefore, even if it carries out broadband

wavelength lighting, when the transparent membrane is formed in the sample 1, it is because the brightness unevenness by thin film interference is emphasized.

[0034] The defective detection approach of having used the illumination light of wavelength extent of 200-250nm or less for drawing 5 is shown. In addition, it will become the further high resolution-ization if ultraviolet radiation and DUV (Deep Ultra Violet) light are used, since resolution improves by short wavelength-ization.

[0035] In the optical system of drawing 5 (a), the illumination-light study system 112 is passed and incidence of the light which emitted light in the ultraviolet-rays light source 8 is carried out to a beam splitter 15. P polarization which penetrated this receives phase contrast with $\lambda/2$ plate 16 and $\lambda/4$ plate 17, and carries out epi-illumination of the sample 1 through an objective lens 20. In addition, the light which carries out epi-illumination is a focal detection light which detects the ultraviolet rays which carry out light field detection, and the height of a sample 1. This focal detection light has effective light, such as the light which is not absorbed by the flattening film. This is because height detection cannot be carried out, when light is absorbed by the flattening film etc. This wavelength region for focal detection is determined with the spectral reflectance (R) of a dichroic mirror 25. As this example, light 650nm or more is made into the wavelength region for focal detection at drawing 5 (b).

[0036] Moreover, the optical path which detects the light field image by ultraviolet rays is an optical path which reflected the second dichroic mirror 26, and detects an image to sensor 70a page by image formation lens 30a. This ultraviolet-rays wavelength region is determined with the spectral reflectance of the second dichroic mirror, and is shown in drawing 5 (c).

[0037] Moreover, if ultraviolet rays are irradiated at a sample 1, fluorescence will arise according to the quality of the material. By detecting the image by this fluorescence, an undetectable defect is detectable by the usual light field image. As this optical system, a middle image is made from an image formation lens for the light which penetrated two dichroic mirrors, and this image can be put in practical use by the configuration which carries out expansion projection on image sensors 70 with a zoom lens 50. In addition, although aberration amendment is carried out by ultraviolet rays with the objective lens for ultraviolet rays, focal detection light needs to choose light with comparatively little ultraviolet rays and aberration.

[0038] How to set an optical parameter as drawing 6 on "inspection recipe screen" 915 in the defective test equipment of the pattern in production processes, such as a semi-conductor, is explained.

[0039] First, ID of the wafer inspected on these "inspection recipe screen" 915 is registered, and the form of this wafer is inputted. This becomes [what kind of defect is at which process of each wafer where, and] clear. Furthermore, the field to inspect is specified with the coordinate of a wafer. Furthermore, although defective inspection acquires the image of the pattern formed in the wafer and detects it using this acquired image, there are a method which compares the image of contiguity chips and detects the inequality section as a defect as a method of inspection, and a method which compares a design data with an image. This method is chosen by the "inspection method" on "inspection recipe screen" 915.

[0040] Next, by the term of the "image-processing parameter" on the inspection recipe screen 915, the threshold of the difference image which determines the alignment and defective detection sensitivity of an image etc. is inputted.

[0041] Furthermore, various defective detection sensitivity can be set up now by choosing an "optical parameter" on the inspection recipe screen 915 by displaying "optical parameter setup screen" 916 on a screen, and changing an optical parameter. This "optical parameter setup screen" At 916, it is 1. polarization property. 2. wavelength 3. lighting sigma At least one of 4. spatial filters etc. can be set up now.

[0042] In the polarization property of 1., polarization of an illumination-light study system and detection optical system is decided by the number, and when the number of the polarization property of defective detection sensitivity which becomes high is known, a number is inputted. However, in inspection of the beginning of a wafer, since the polarization property that defective detection sensitivity becomes high is undecided, a polarization property advantageous to improvement in defective detection sensitivity is

chosen from the configuration of a pattern. The configuration of this pattern and the relation of a polarization property are called for from relation like drawing 1 (a).

[0043] Moreover, the wavelength of 2. chooses a lighting wavelength region where the contrast of a defect becomes high, and the reflection factor of the pattern made into a subject of examination chooses a high wavelength region. Or the wavelength region where the difference of brightness with the background (field without a pattern) of a pattern and a pattern becomes large is chosen. Furthermore, with the wafer carried out in CMP (Chemical Mechanical Polishing) processing, if there is thickness unevenness, unevenness will arise in the brightness of the image detected by thin film interference of an insulator layer. Since this thickness unevenness is not a defect, the difference in brightness becomes a defective inspection top noise. In order to reduce the difference in this brightness, it is effective to expand lighting wavelength width of face. However, since it changes with the design thickness and the errors of an insulator layer, as for how far wavelength width of face is expanded, it is effective to ask for lighting wavelength width of face from the thickness of an insulator layer. Then, the thickness of an insulator layer is inputted as conditions which determine a lighting wavelength region.

[0044] Next, as for the lighting sigma of 3., when the diameter of opening of the aperture diaphragm 11 of an illumination system is chosen and the hole-like pattern is formed, defective detection sensitivity of direction made comparatively smaller than the lighting sigma of a Rhine-like pattern improves.

[0045] Moreover, the spatial filter of 4. is a light filter which a Fourier transform side (the exit pupil location of an objective lens, or this exit pupil and a location [****] (pupil location of a zoom lens 50)) is made to reduce the amplitude transmittance of zero-order light, or gives phase contrast to it, and high resolution-ization of an image is attained by arranging according to a configuration, a consistency, etc. of a pattern.

[0046] By setting up the above optical parameters, it becomes possible to detect an image advantageous to defective detection. However, whether the set-up conditions are good changes with the configuration of a pattern, structures of a wafer, etc.

[0047] As shown in drawing 7, the pattern is regularly arranged by the wafer 1 per exposure field (shot) of an aligner. this -- a pattern -- a part -- it is -- one -- ' -- an enlarged drawing -- drawing 7 -- (-- b --) -- **** -- a subject of examination -- ** -- assuming -- a pattern -- one -- a -- one -- a -- ' -- a front -- a process -- forming -- having had -- a pattern -- one -- c -- etc. -- it is . The cross-section structure when cutting a wafer 1 in Rhine 125 of drawing 7 (b) is shown in drawing 7 (c). Inspection object-pattern 1a and 1a' is formed on the film of insulator layer 1b, and pattern 1c which is not made into a subject of examination presupposes that it is formed into the film of insulator layer 1b. In this case, since the main direction of the inspection object patterns 1a and 1b is length, it can aim at improvement in defective detection sensitivity by setting up an optical parameter so that the pattern of this direction may become high contrast. however, the optimum value of an optical parameter -- a configuration, structure, etc. of a pattern -- things, and in order to determine, a lot of time amount is required.

[0048] Then, the flow of an efficient optical parameter setup is shown in drawing 8.

[0049] First, loading of the wafer is carried out and an inspection object domain is moved to the visual field of optical system. next, optical parameter 1 polarization property 2 lighting sigma 3 lighting wavelength 4 spatial filters ***** -- the parameter range for acquiring an image preparatorily is inputted. Next, an image is acquired on condition that the set-up range, respectively, and while displaying that a diffraction figure and a pattern image can be looked through, total of the secondary differential value which shows the contrast of a pattern and the sharpness of a pattern etc. is displayed.

[0050] Thereby, the information about the resolution of an optical parameter and an optical image can be looked through, and the proper value of an optical parameter can be determined easily. However, whether it is an advantageous image on defective detection determines a final optical parameter. For this reason, it is necessary to conduct a preliminary test, narrowing down the range of an optical parameter and changing an optical parameter finally from previous contrast or the sum of a secondary differential value, and to determine an optical parameter. It is as a result of [in the normal section / of a difference image] the amount of inequalities (an average, max, deflection), or as a result of [compare-check] (S/N which is the ratio of the number of detection defects, the signal level of a defect, and the amount N of

the maximum inequalities of the normal section and the amount S of inequalities of a defective part), and the contents displayed as this preliminary test result determine an optical parameter from the these-displayed result.

[0051] With the above optical parameter setup means, the high optical parameter of defective detection sensitivity can be set up efficiently.

[0052] The list display 920 at the time of making a polarization condition into a parameter is shown as an example of the list display of a diffraction figure and a pattern image to drawing 9. First, what is necessary is just to define the oscillating direction of polarization to an X-Y stage, the direction of the cage hula of a wafer, etc. For example, the oscillating direction of the illumination light: It is the include angle which the main direction of an inspection object pattern and the oscillating direction of the chief ray on a body make in the 45 degrees of the oscillating directions of 90 degrees and detection light.

[0053] Thus, by displaying on a list, it is possible to predict the rate of the amplitude of the high order diffracted light and zero-order light from the data of a diffraction figure. Moreover, when there is an inspection object pattern in the various directions, it is more possible than a pattern image to be examined to detect the direction of a pattern, contrast, etc. Moreover, it becomes easy to recognize the level of brightness etc. by displaying the optical intensity distribution of an image by a line graph etc. Furthermore, that $\theta: 90$ degrees and near 68 degree are high resolutions can read the oscillating direction of polarization of the illumination light easily from the sum of contrast or a secondary differential value. Therefore, the optical conditions which enable high sensitivity inspection can be set up in a short time by conducting the preliminary test performed to a degree on this condition.

[0054] In addition, with the configuration of the optical system shown in drawing 4 and drawing 5, the ovality and the sense of a major axis of the polarization which illuminates a sample 1 serve as a parameter of a polarization condition. Therefore, it becomes possible by making the sense of an ovality and its major axis into a parameter to display the same chart as drawing 9, and it becomes possible to specify easily the near polarization condition that high sensitivity inspection is realizable.

[0055] A means to detect detection of the light field image which used polarization for drawing 10 (a), detection of a dark field image, and the neutral image of a light-and-darkness visual field image is shown. The illumination light 180 is random polarization. Only the light of P polarization component penetrates the illumination light 180 which carried out incidence to the polarization beam splitter 15. This P polarization changes rotation of the oscillating direction of polarization, and an ovality by penetrating $\lambda/2$ plate 16 and $\lambda/4$ plate 17.

[0056] By reflecting the illumination light which penetrated $\lambda/2$ plate 16 and $\lambda/4$ plate 17, and penetrated the objective lens 20 further by the sample 1, according to the pattern of a sample, phase contrast is given with a jump of a phase, and a polarization condition changes. Moreover, as for the light diffracted with the edge of a pattern etc., polarization also changes according to the direction of the diffracted light. These reflected lights are again caught by the objective lens 20, they pass $\lambda/4$ plate 17 and $\lambda/2$ plate 16, and they carry out incidence to PBS, and S polarization component reflects and they carry out image formation of the light field image on a sensor 70.

[0057] Here, in the case of usual light field detection which does not use $\lambda/2$ plate 16 and $\lambda/4$ plate 17, supposing the detected image is a shade image as shown in drawing 10 (b), brightness distribution of the A-A section at this time serves as a dark image like drawing 10 (c) in the dense pattern section on the left-hand side of an image. In this case, although it is possible to enlarge the shade difference of the dense pattern section if the quantity of light is enlarged, the brightness of the flat part on the right-hand side of an image will become still larger, a sensor 70 will be saturated with CCD sensor 70 grade, and a blooming will arise. For this reason, it is very difficult to be unable to enlarge the quantity of light but to detect a dense pattern with sufficient contrast.

[0058] However, like this invention, if the amount of phase contrast is adjusted using $\lambda/2$ plate 16 and $\lambda/4$ plate 17, the light of the flat part reflected by the polarization beam splitter can be reduced, and the rate that the diffracted light of the dense pattern section is reflected can be enlarged. Thereby, the brightness of a dense pattern and a flat part can be detected now on the same level. Therefore, it cannot be based on the consistency of a pattern etc., but the high image of contrast can

always be detected, and the pattern defect of the dense pattern section etc. can be detected easily.

[0059] With the configuration of the optical system shown in drawing 3 , drawing 4 , drawing 5 , and drawing 10 , the illumination light of the linearly polarized light penetrates the quarter-wave length plate 17, and turns into elliptically polarized light. This elliptically polarized light is illuminated in a sample 1 through an objective lens 20. The light reflected and diffracted by the sample 1 is caught by the objective lens 20, penetrates the quarter-wave length plate 17 again, and receives phase contrast. By rotating this quarter-wave length plate 17, it is possible to change the ovality of the elliptically polarized light which illuminates a sample 1.

[0060] To drawing 11 , it is an ovality. - When it is made to change between 1.0-, the relation of the contrast of the optical image of a sample 1 and the detection quantity of light ratio which are detected with image sensors 70 is shown. In addition, the sign of an ovality distinguishes polarization of right-handed rotation and left-handed rotation. Moreover, contrast was searched for from the image of Rhine currently formed in the front face of a sample 1, and a tooth space. Furthermore, if the absolute value of an ovality becomes small when the illuminance of the illumination light is fixed, the quantity of light which reaches image sensors 70 will fall. for this reason, ovality-1. -- the detection quantity of light ratio when changing an ovality on the basis of the quantity of light detected with image sensors 70 at the time of the circular polarization of light of 0 and 1.0 is expressed.

[0061] The ovality serves as max near -0.18, and contrast of a place [the place where a detection quantity of light ratio serves as max], i.e., the point that an ovality is set to 1 or -1, does not correspond so that this drawing 11 may show. Therefore, in order to conduct defective inspection of Rhine and a tooth space, it is advantageous, if it sets up so that it may become the ovality of the -0.18 neighborhood.

[0062] The pattern which made various configurations the wafer used as a subject of examination is formed. In this case, in determining the ovality and the direction of a major axis of the polarization which makes inspection sensibility improve, it is efficient if a preliminary test is conducted. For example, as shown in drawing 12 , "lighting conditioning mode" is formed in the "inspection recipe creation mode" of a wafer to be examined. In this "lighting conditioning mode" 1) the wavelength width of face of the illumination light "Wavelength filter" selection carbon button to choose "Aperture diaphragm" selection section carbon button which changes 2 lighting angle-of-incidence range "Focal offset" value setup key which determines whether a focus is doubled as which layer when the laminating of the three thin film is carried out In order to change 4 "whenever [pattern emphasis]" The carbon button which sets up the polarization condition (the ovality and its direction of polarization) of the illumination light is prepared.

[0063] These carbon buttons are set as the conditions registered beforehand by specifying a number (inside of drawing, No). In addition, according to the configuration and sense of various inspection object patterns, the polarization conditions which raise the contrast of a detection image are put in a database by the polarization condition. Therefore, the preliminary test of the wafer to be examined is carried out on condition that all the conditions of this polarization condition put in a database, or a part, and how to set the polarization condition that the inspection result with the highest detection sensitivity was obtained as the polarization conditions at the time of this inspection from the result of this preliminary test can be considered. In addition, when conducting a preliminary test, by choosing the "preliminary test carbon button" currently displayed on the screen, it set up provisionally and describes above. Inspection is performed under the conditions of 1-4.

[0064] In optical system given in drawing 4 , drawing 5 , and drawing 10 , the pulse numbers of the motor which carries out electric rotation of $\lambda/2$ plate 16 and the $\lambda/4$ plate 17 etc. can be considered to be polarization conditions. Furthermore, the following decision criteria are mentioned as a decision criterion which determines the polarization conditions used for this inspection from the result which carried out the preliminary test on some kinds of polarization conditions.

[0065] 1) the polarization conditions 2 which have detected most defects -- when the polarization conditions which have detected most this defect when the coordinate of the defect which has detected most fatal defects to carry out polarization condition 3 detection is known, therefore the preliminary test of multiple times are conducted, decision will become easy if the decision criterion as shown in the

above 1-3 is indicated by list. Moreover, an equipment user's condition **** becomes easy by determining automatically the polarization conditions from which which value of 1-3 serves as max. [0066] As mentioned above, in determining polarization conditions, it is desirable to review a defective part with an optical microscope or an electron microscope in fact, and to determine the polarization conditions that inspection sensibility is high.

[0067]

[Effect of the Invention] As explained above, according to this invention, the optical system which detects the image of high resolution and can detect a defect with minute abbreviation one half extent of detection pixel size was realizable by controlling the angle which the oscillating direction of the electric field vector in the plane of polarization of the illumination light and the direction of a pattern make according to the pattern formed in the sample. Furthermore, the oscillating direction, lighting wavelength, etc. of an electric field vector in plane of polarization can be set up now efficient, and the high sensitivity defective test equipment using high resolution optical system and this was able to be realized.

[Translation done.]

* NOTICES *

JPO and NCIPi are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

DESCRIPTION OF DRAWINGS

[Brief Description of the Drawings]

[Drawing 1] It is drawing explaining the condition of polarization of the zero-order light by linearly polarized light lighting, and the high order diffracted light.

[Drawing 2] It is drawing showing an example of high-resolution-izing using the linearly polarized light.

[Drawing 3] It is the schematic elevation showing an example of the outline configuration of the test equipment using the high resolution optical system of this invention.

[Drawing 4] It is the schematic elevation showing other examples of the outline configuration of the test equipment using the high resolution optical system of this invention.

[Drawing 5] They are drawing (b) showing the spectral reflectance when using the schematic elevation (a) showing an example of the outline configuration of the test equipment using the short wavelength lighting high resolution optical system by this invention, and this optical system, and (c).

[Drawing 6] It is the front view of the display screen in which an example of the optical parameter setup means by this invention is shown.

[Drawing 7] It is the top view showing an example of the inspection object pattern of this invention.

[Drawing 8] It is the flow Fig. showing an example of the optical parameter setup procedure by this invention.

[Drawing 9] It is drawing showing an example of the list of an exit pupil image, an optical image, and resolution evaluation values.

[Drawing 10] It is drawing showing an example of the high contrast image detection by the polarization lighting by this invention.

[Drawing 11] It is drawing showing an example of the relation between the ovality of polarization, and a pattern detection quantity of light ratio.

[Drawing 12] It is drawing showing an example of the polarization conditioning technique by this invention.

[Description of Notations]

1 [-- theta stage, 4 / -- Z stage,] -- A sample, 1b -- An insulator layer, 2 -- A chuck, 3 5 [-- A polarizer, 22 / -- Analyzer,] -- Y stage, 6 -- X stage, 8 -- The light source, 14 30 -- An image formation lens, 70 -- Image sensors, the oscillating direction of the electric field vector in the plane of polarization of the 300,300'-- illumination light, 310,310' -- The oscillating direction of the electric field vector in the plane of polarization of zero-order light (specular reflection light), 320 -- The oscillating direction of the electric field vector in the plane of polarization of the high order diffracted light, 15 -- Polarization beam splitter, 16 [-- An optical parameter setup screen, 920 / -- Optical conditions, an optical image list screen, 921 / -- Optical conditions and preliminary test result list screen.] -- $\lambda/2$ plate, 17 -- $\lambda/4$ plate, 915 -- An inspection recipe screen, 916

[Translation done.]

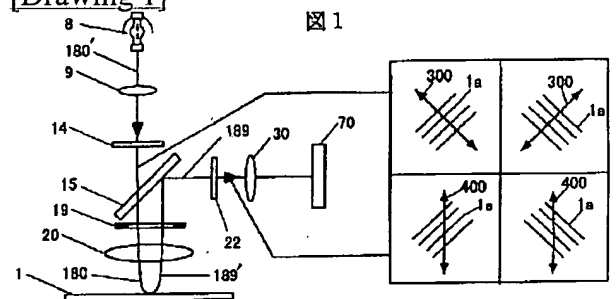
* NOTICES *

JPO and NCIPi are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

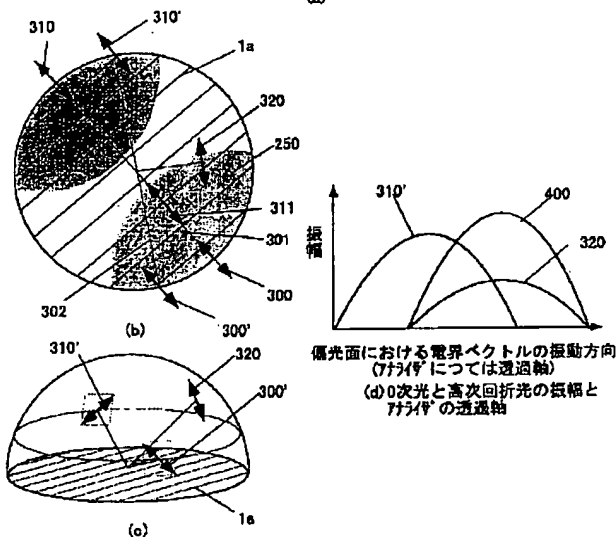
1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

DRAWINGS

[Drawing 1]

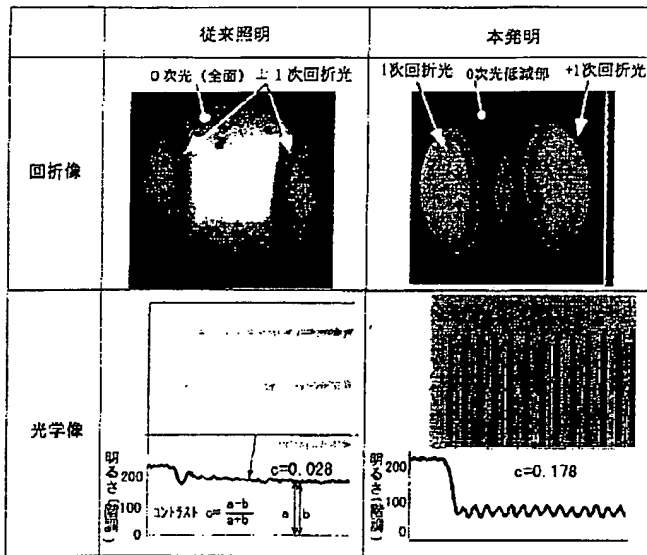


(a)



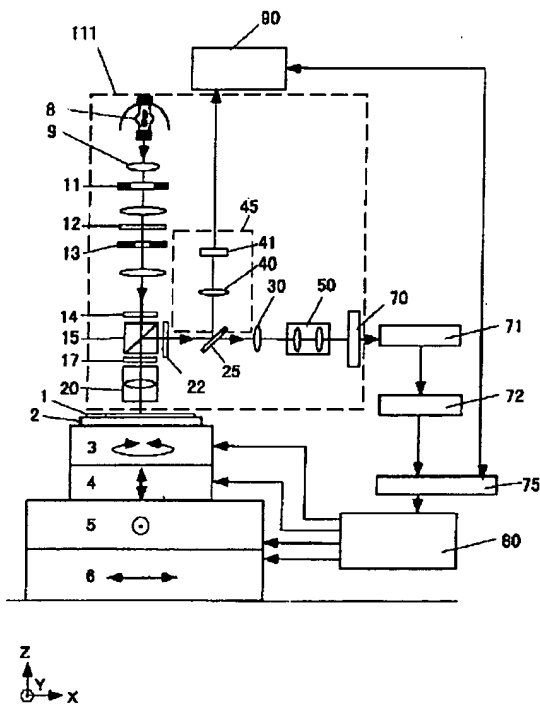
[Drawing 2]

図 2



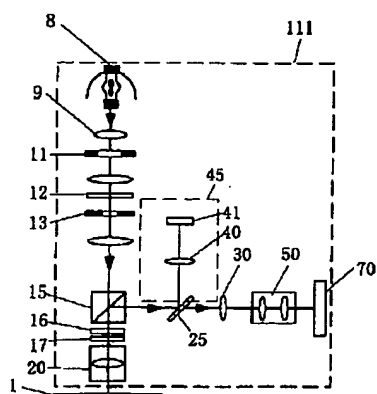
[Drawing 3]

図 3



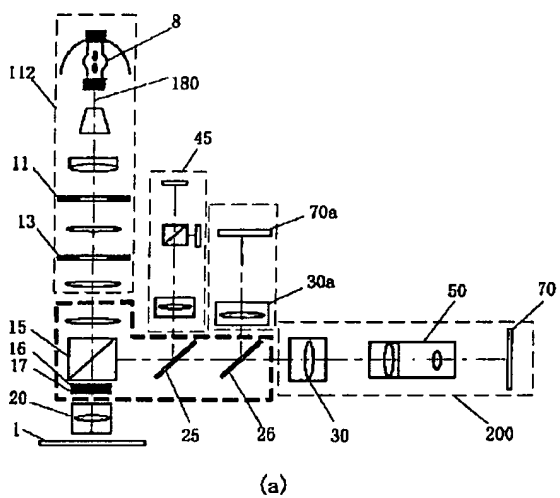
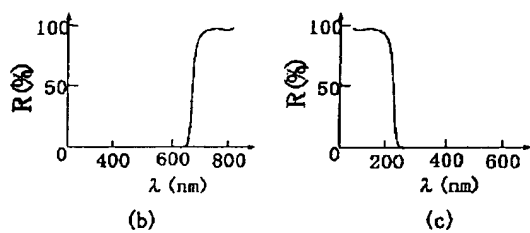
[Drawing 4]

図 4



[Drawing 5]

図 5



[Drawing 6]

図 6

レシピ画面

ウェハID :

品種名 :

検査領域 :

検査方式 :

画像処理パラメータ :

光学パラメータ :

915

光学パラメータ設定画面

916

1. 偏光特性
偏光特性No:
→未設定の場合、以下のうち1つ選択

パターン形状 (オワワ側) ☐ ☐ ☐ ☐ ☐

2. 波長
波長選択ファイルNo:
→未設定の場合、以下データを入力
絶縁膜厚 : μm
分光反射率(ファイル名) :

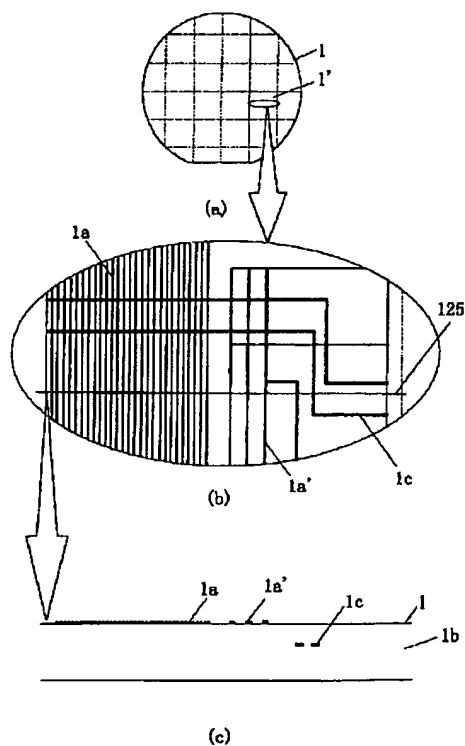
3. 照明 σ
開口絞りNo:
→未設定の場合、以下のうち1つ選択

パターン形状 ☐ ☐

4. 空間フィルタ
空間フィルタNo:

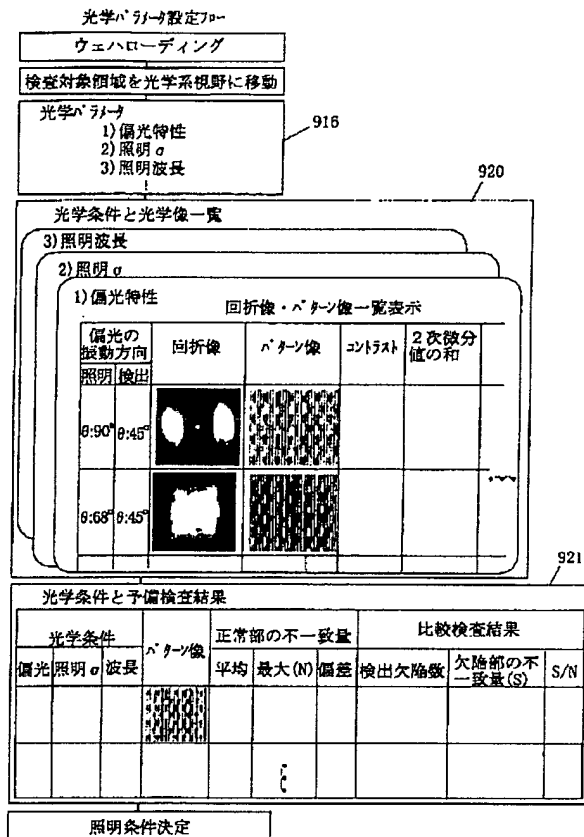
[Drawing 7]

図 7



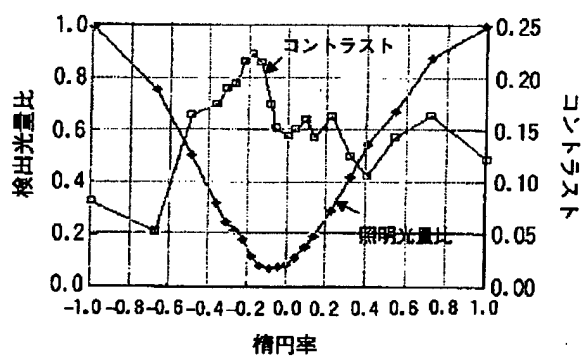
[Drawing 8]

図 8



[Drawing 11]

図 1 1



[Drawing 12]

図 1 2

「レジ」作成画面

「照明条件設定」を選択

照明条件設定画面

カメラ画像

波長フィルタ No 1

開口絞り No 1

フォーカスオフセット No 1

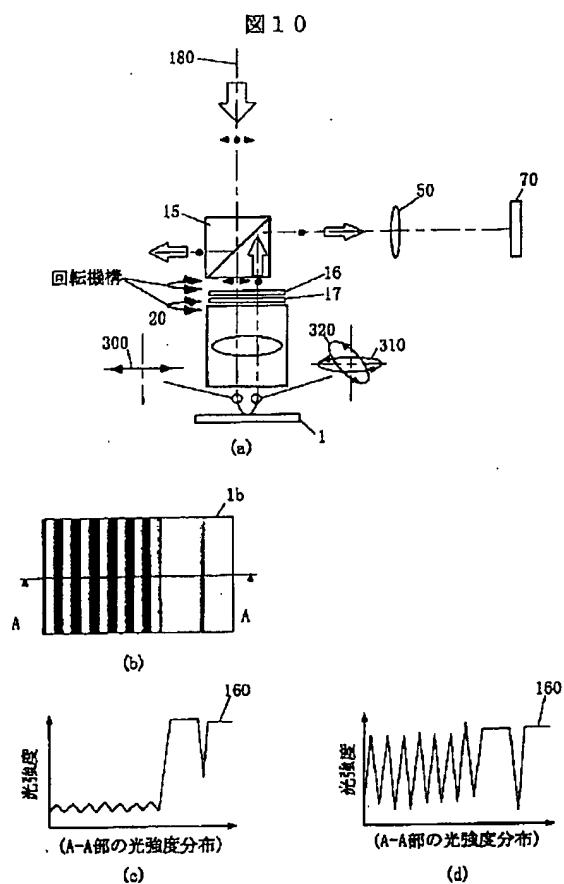
ハターン強調度 No 1

[Drawing 9]

図 9

偏光の 振動方向 照明 検出	回折像	パターン像	コントラスト	920 2 次微分 値の和
0:90° 0:45°			0.25	198205
0:65° 0:45°			0.24	205331
0:0° 0:45°			0.03	65331

[Drawing 10]



[Translation done.]

* NOTICES *

JPO and NCIPi are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

CLAIMS

[Claim(s)]

[Claim 1] Are the approach of observing the sample by which the pattern was formed in the front face, and the light which polarized is irradiated through an objective lens at said sample. A location gap of the direction of an optical axis of the focus on said front face of a sample of said light which polarized is computed by detecting the light reflected on the front face of said sample by this exposure through said objective lens. According to the amount of location gaps of the computed this focus, the height of said sample to said objective lens is adjusted. The observation approach on the front face of a sample characterized by detecting the reflected light by the exposure of said light from the front face of said sample which adjusted this height which polarized through said objective lens, phase contrast plate, and analyzer, and obtaining the image of the front face of said sample.

[Claim 2] Said phase contrast plate is the observation approach on the front face of a sample according to claim 1 characterized by attenuating the amplitude of the zero-order diffracted light from the pattern formed in said front face among the light reflected from said sample front face by said exposure at a big rate to the amplitude of the high order diffracted light.

[Claim 3] It is the approach of observing the sample by which the pattern was formed in the front face through optical system. Where optical system is set as the conditions of the 1st polarization, polarization light is irradiated at said sample. Detect the light reflected on the front face of said sample by this exposure through a phase contrast plate and an analyzer, and the 1st image is obtained. Based on the 1st image which displayed this 1st image on monitor display, and was displayed on this monitor display, said optical system is set as the condition of the 2nd polarization. The observation approach on the front face of a sample characterized by irradiating polarization light at said sample where said optical system is set as the condition of said 2nd polarization, detecting the light reflected on the front face of said sample by this exposure through a phase contrast plate and an analyzer, and obtaining the 2nd image.

[Claim 4] The observation approach on the front face of a sample according to claim 3 that said 1st polarization condition and said 2nd polarization condition are characterized by being conditions, such as a polarization property, wavelength of polarization light, numerical aperture of the aperture diaphragm of an illumination system, and a configuration of a spatial filter, respectively.

[Claim 5] The observation approach on the front face of a sample according to claim 3 characterized by adjusting said phase contrast plate so that the amplitude of the zero-order diffracted light from the pattern formed in said front face among the light reflected from said sample front face by said exposure may be attenuated at a big rate to the amplitude of the high order diffracted light, when setting it as said 2nd polarization condition.

[Claim 6] The observation approach on the front face of a sample according to claim 3 characterized for the image on said detected front face of a sample by the thing of a polarization property, the wavelength of polarization light, the numerical aperture of the aperture diaphragm of an illumination system, and the configurations of a spatial filter displayed on monitor display with any one information at least.

[Claim 7] A lighting means to be equipment which observes the sample by which the pattern was formed in the front face, and to illuminate the light which polarized in said sample through an objective

lens, A detection means to detect the light reflected on the front face of said sample with the lighting of this lighting means through said objective lens, A focal location detection means to compute a location gap of the direction of an optical axis of the focus on said front face of a sample of said light which was detected with this detection means and which polarized, A height adjustment means to adjust the height of said sample to said objective lens according to the amount of location gaps of the focus computed with this focal location detection means, Observation equipment on the front face of a sample characterized by having a polarization photodetection means to detect the reflected light from the front face of said sample through said objective lens, phase contrast Itabe, and analyzer section when said light which polarized is illuminated with said lighting means in said sample which adjusted height with this height adjustment means.

[Claim 8] Said phase contrast Itabe is observation equipment on the front face of a sample according to claim 7 characterized by attenuating the amplitude of the zero-order diffracted light from the pattern formed in said front face among the light reflected from said sample front face by said exposure at a big rate to the amplitude of the high order diffracted light by having $1/2$ wavelength plate and a quarter-wave length plate, and adjusting this $1/2$ wavelength plate and a quarter-wave length plate.

[Claim 9] Observation equipment on the front face of a sample according to claim 7 characterized by constituting said analyzer section from a polarization beam splitter.

[Claim 10] Are the approach of inspecting the defect of a sample in which the pattern was formed in the front face, and the light which polarized is irradiated through an objective lens at said sample. The defective inspection approach characterized by detecting the reflected light from the front face of said sample by this exposure through said objective lens, phase contrast plate, and analyzer, and detecting the defect of said sample as compared with the image which obtained the image on said front face of a sample, and memorized this **** image beforehand.

[Claim 11] Said phase contrast plate is the defective inspection approach according to claim 10 characterized by attenuating the amplitude of the zero-order diffracted light from the pattern formed in said front face among the light reflected from said sample front face by said exposure at a big rate to the amplitude of the high order diffracted light.

[Claim 12] Are the approach of inspecting the defect of a sample in which the pattern was formed in the front face, and where optical system is set as the conditions of the 1st polarization, polarization light is irradiated at said sample. Detect the light reflected on the front face of said sample by this exposure, and the 1st image is obtained. Based on the 1st image which displayed this 1st image on monitor display, and was displayed on this monitor display, said optical system is set as the condition of the 2nd polarization. Where said optical system is set as the condition of said 2nd polarization, polarization light is irradiated at said sample. The defective inspection approach characterized by detecting the light reflected on the front face of said sample by this exposure, and detecting the defect of said sample as compared with the image which obtained the 2nd image and memorized the image of this ***** 2 beforehand.

[Claim 13] Said 1st polarization condition and said 2nd polarization condition are the defective inspection approach according to claim 12 characterized by including at least one condition in a polarization property, the wavelength of polarization light, the numerical aperture of the aperture diaphragm of an illumination system, and the configuration of a spatial filter, respectively.

[Claim 14] The defective inspection approach according to claim 12 characterized by setting up so that the amplitude of the zero-order diffracted light from the pattern formed in said front face among the light which reflected said 2nd polarization condition from said sample front face by said exposure may be attenuated at a big rate to the amplitude of the high order diffracted light.

[Claim 15] Are the approach of inspecting the defect of a sample in which the pattern was formed in the front face, and the light which polarized is irradiated through an objective lens at said sample. The defective inspection approach characterized by changing the condition of the polarization by the light which reflected on the front face of said sample by this exposure, and passed said objective lens, detecting, and detecting the defect of said sample as compared with the image which obtained the image on said front face of a sample, and memorized this **** image beforehand.

[Claim 16] The defective inspection approach according to claim 15 characterized by performing light which passed said objective lens for changing the condition of polarization of the light which passed said objective lens by making 1/2 wavelength plate and a quarter-wave length plate penetrate.

[Claim 17] A lighting means to be equipment which inspects the defect of a sample in which the pattern was formed in the front face, and to irradiate the light which polarized in said sample through an objective lens, A polarization image detection means to detect through the polarization section to which the condition of the polarization of said objective lens and said reflected light by the reflected light reflected on the front face of said sample by irradiating said light which polarized with this lighting means at said sample is changed, and to obtain the image of said sample, Defective test equipment characterized by having a defective detection means to detect the defect of said sample as compared with the image which memorized beforehand the image obtained with this polarization image detection means, and a display means to display the result detected with this defective detection means.

[Claim 18] Defective test equipment according to claim 17 with which said polarization section is characterized by having the phase contrast plate and the analyzer.

[Claim 19] Said phase contrast plate is defective test equipment according to claim 17 characterized by attenuating the amplitude of the zero-order diffracted light from the pattern formed in said front face among the light which has 1/2 wavelength plate and a quarter-wave length plate, and was reflected from said sample front face at a big rate to the amplitude of the high order diffracted light.

[Claim 20] Defective test equipment according to claim 17 characterized by having further an optical parameter setup means to set up optical parameters, such as the polarization property of said lighting means and said polarization image detection means, wavelength, Lighting sigma, and a spatial filter.

[Translation done.]

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☒ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☒ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☒ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.